

GLAUCO FERNANDO FONTANELLI

**ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SUBSUPERFICIAIS DA VÁRZEA LITORÂNEA DO SURUACA, REGIÃO
NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Geologia
Ambiental, Curso de Pós-Graduação em
Geologia, Setor de Ciências da Terra,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Emani Francisco da Rosa Filho

Co-orientadores:

Prof. Dr. André Virmond L. Bittencourt

Prof. Dr. Antônio Sérgio F. de Mendonça

CURITIBA
2001

TERMO DE APROVAÇÃO

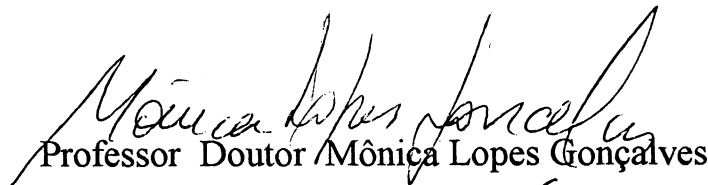
GLAUCO FERNANDO FONTANELLI

“ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SUBSUPERFICIAIS DA VÁRZEA LITORÂNEA DO SURUACA,
REGIÃO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO”

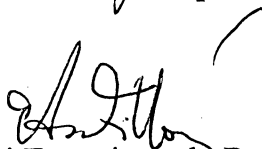
Dissertação de mestrado aprovada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia,
área de concentração Geologia Ambiental, da Universidade Federal do
Paraná, Comissão formada pelos Professores:



Professor Doutor Carlos Aurélio Nadal



Professor Doutor Mônica Lopes Gonçalves



Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho
Presidente

Curitiba, 09 de junho de 2001.

À minha esposa Paola, a quem não existem palavras que externem o apoio que dela recebi, à minha filha Amanda, por simplesmente existir, e a meus pais, irmãs e sobrinha, por tão bem me receberem em meu retorno provisório à casa paterna.

AGRADECIMENTOS

A Luiz Molle Júnior, Renato de Souza Duque, Luiz Rodolfo Landim Machado (todos da E&P-Sede) e Luiz de Siqueira Menezes (E&P-ES/GG), por propiciarem a minha liberação da Petrobras para a execução do mestrado.

Ao pessoal do CENPES/DIQUIM, em especial Rosane Kunert, Maria Luiza, Alcione e Letícia Falcão Veiga, pela execução das análises na turfa e nos produtos agroquímicos, e também pela assessoria técnica prestada.

A Paola, da E&P-ES/GELAB, pelo apoio dado no encaminhamento de amostras para o CENPES e descrição de algumas litologias.

Aos químicos Guaraci Poltronieri e Sebastião Pereira, da E&P-ES/GEPRO, pela presteza com que atenderam às solicitações e pelo auxílio na coleta de amostras de turfa.

A Eduardo Chemas Hindi, da UFPR/LPH, companheiro de trabalho na Universidade, pelas trocas de idéias, auxílio na confecção de gráficos, de mapas, enfim, por toda a ajuda dada.

A Francisco Dantas, da E&P-ES/ASQUAL, por prontamente, e brilhantemente, me substituir na coordenação do Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da E&P-ES.

A Eros Braga, da E&P-ES/ASSEMA, pelo auxílio na obtenção de algumas informações.

A Laiber, pela grande ajuda na edição de alguns mapas que compõem este trabalho.

A Alda, da REPAR, pela atenção dedicada às minhas solicitações de empréstimo de publicações e artigos técnicos do acervo da Petrobras.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
LISTA DE SIGLAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3 OBJETIVOS	18
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	19
4.1 MEIO FÍSICO	19
4.1.1 Classificação Climática	19
4.1.2 Temperatura	20
4.1.3 Pluviosidade	20
4.1.4 Umidade Relativa do Ar	21
4.1.5 Ventos.....	21
4.1.6 Redes de Drenagem	21
4.1.7 Estudo de Vazões	22
4.1.8 Uso da Água	22
4.1.9 Transporte de Sedimentos	23
4.1.10 Direção de Fluxo do Escoamento Subterrâneo	24
4.1.11 Geologia	26
4.1.11.1 Formação Rio Doce	28
4.1.11.2 Formação Barreiras	29
4.1.11.3 Formação Linhares	29
4.1.12. Geomorfologia	29
4.1.13 Solos	31
4.1.13.1 Solos orgânicos.....	31
4.1.13.2 Glei húmico e glei pouco húmico.....	33
4.1.13.3 Areias quartzosas hidromórficas.....	34
4.1.13.4 Podzol	34

SUMÁRIO (cont.)

4.1.13.5 Areias quartzosas marinhas	35
4.1.13.6 Solos aluviais	35
4.2 MEIO BIÓTICO	36
4.3 MEIO ANTRÓPICO	36
5 ATIVIDADES ECONÔMICAS NA ÁREA	38
5.1 EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO	39
5.2 ATIVIDADES AGROPASTORIS	42
5.2.1 Pecuária	42
5.2.2 Plantio de Eucalipto	44
5.2.3 Plantio de Café	44
5.2.4 Plantio de Cana-de-açúcar e de Cacau	45
6 MATERIAIS E MÉTODOS	46
6.1 PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO	54
6.2 ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS	59
6.2.1 Liofilização	61
6.2.2 Fluorescência de raio-X (FRX)	63
6.2.3 Difração de raio-X (DRX)	65
6.2.4 Ensaios de lixiviação e de solubilização	65
7 RESULTADOS	67
8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	75
9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	78
REFERÊNCIAS	81
ANEXO I	89

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	3
FIGURA 2 - FONTES NATURAIS DE ELEMENTOS PARA OS RIOS.....	5
FIGURA 3 - FOSSA SÉPTICA NAS LOCAÇÕES.....	10
FIGURA 4 - RESÍDUOS PROVENIENTES DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO.....	11
TABELA 1 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE METAIS-TRAÇO EM DEPÓSITOS DE ROCHAS FOSFATADAS E LIMITES DE CÁDMIO EM FERTILIZANTES FOSFATADOS EM VÁRIOS PAÍSES.....	14
FIGURA 5 - EXEMPLOS DE PROTEÇÃO DAS MARGENS DE CURSOS DE ÁGUA COM RELAÇÃO À EROSÃO	23
FIGURA 6 - VISTA AÉREA DA VÁRZEA LITORÂNEA DA SURUACA, ESTAÇÃO COLETORA DE PETRÓLEO DE LAGOA SURUACA E POVOADO DE PONTAL DO IPIRANGA, EM ÉPOCA DE ENCHENTE DO RIO DOCE (JAN/98).....	25
QUADRO 1 - COLUNA GEOLÓGICA DA BACIA SEDIMENTAR DO ESPÍRITO SANTO.....	26
FIGURA 7 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
FIGURA 8 - MAPA DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
FIGURA 9 - DIQUE DE POÇO DE PERFURAÇÃO DE PETRÓLEO.....	41
FIGURA 10 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA E DE TURFA.....	48
TABELA 2 – LEITURAS DE CONCENTRAÇÕES DE PARÂMETROS EM POÇOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE E A JUSANTE DE INSTALAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.....	49

TABELA 3 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS EM POÇOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE E A JUSANTE DE INSTALAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.....	50
FIGURA 11A - DISTRIBUIÇÃO MODAL DOS VALORES LIDOS NO EIA/RIMA.....	51
FIGURA 11B - DISTRIBUIÇÃO MODAL DOS VALORES LIDOS NO EIA/RIMA.....	52
QUADRO 2 – EXEMPLOS DE CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS PERMITIDAS DE INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA DIFERENTES USOS.....	55
FIGURA 12 - CRITÉRIOS PARA ENQUADRAMENTO DE RESÍDUOS .	56
FIGURA 13 – COLETA DE AMOSTRA DE TURFA	60
TABELA 4 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO IP-4.....	67
TABELA 5 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO FAL-4.....	68
TABELA 6 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO FAJ-4D.....	68
TABELA 7 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO FAL-3.....	69
FIGURA 14 - CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E NOS RESÍDUOS CONSTITUÍDOS POR CASCALHOS E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO.....	70
FIGURA 15 - CONCENTRAÇÕES DE FERRO NOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E NOS RESÍDUOS CONSTITUÍDOS POR CASCALHOS E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO.....	71

FIGURA 16 - CONCENTRAÇÕES DE FENÓIS NOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E NOS RESÍDUOS CONSTITUÍDOS POR CASCALHOS E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO.....	72
TABELA 8 - ENSAIOS DE LIOFILIZAÇÃO EM AMOSTRAS DE AGROTÓXICOS LÍQUIDOS.....	73
TABELA 9 - ENSAIOS DE FRX E DRX EM AMOSTRAS DE AGROTÓXICOS LÍQUIDOS.....	73
TABELA 10 - ENSAIOS DE FRX EM AGROTÓXICOS SÓLIDOS E FERTILIZANTE.....	74
TABELA 11 - ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO, SOLUBILIZAÇÃO E MASSA BRUTA EM AMOSTRAS DE TURFA.....	74
TABELA 12 - CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO ENCONTRADAS EM DIQUES DE POÇOS PERFURADOS COM FLUIDO À BASE DE ÁGUA DOCE.....	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA – American Public Health Association

ASTM – American Society for testing and Materials

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry

CE – Comunidade Européia

CENPES – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo M. de Mello

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CMC – Carboximetilcelulose

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTC – Capacidade de troca catiônica

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DIQUIM – Divisão de Química

DNOS – Departamento Nacional de Obras contra Secas

DRX – Difração de raio-X

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMCAPA – Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária

EPA – United States Environmental Protection Agency

EUA – Estados Unidos da América

E&P-ES – Unidade de Exploração e Produção de Petróleo do Espírito Santo

FRX – Fluorescência de raio-X

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

LMP – Limite máximo permitido

MB – Massa bruta

NBR – Norma Brasileira

LISTA DE SIGLAS (cont.)

OD – Oxigênio dissolvido

OMS – Organização Mundial da Saúde

Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SEAMA – Secretaria de Estado do Espírito Santo para Assuntos do Meio
Ambiente

SEQUIN – Setor de Química Inorgânica

UNT – Unidades nefolométricas de turbidez

LISTA DE ABREVIATURAS

al. – alli

conc.– Concentração

cont. – continuação

fig. – figura

ha – hectare

Lix – Lixiviado

n. – número

Sol – Solubilizado

LISTA DE SÍMBOLOS

$^{+},^{-}$ - íon monovalente

$^{+2},^{-2}$ – íon bivalente

Ag – Prata

Al – Alumínio

Ar – Argônio

As – Arsênio

Ba – Bário

Bi – Bismuto

Ca – Cálcio

Cd – Cádmio

Ce – Cério

Cl – Cloro

Co – Cobalto

Cr – Cromo

Cs – Césio

Cu – Cobre

F – Flúor

Fe – Ferro

H – Hidrogênio

Hg – Mercúrio

HNO_3 – Ácido nítrico

H_2S – Ácido sulfídrico

I – Iodo

K – Potássio

kg – kilograma

kV – kilovolt

LISTA DE SÍMBOLOS (cont.)

l – litro

La – Lantânio

mA – miliAmpère

mg – miligrama

Mn – Manganês

N – Nitrogênio

Na₂CO₃ – carbonato de sódio (barrilha)

Nb – Nióbio

Nd – Neodímio

Ni – Níquel

P – Fósforo

Pb – Chumbo

Mg – Magnésio

Na – Sódio

Pr – Paseodímio

S – Enxofre

Sb – Antimônio

Si – Silício

Sn – Estanho

Sr – Etrôncio

SO₄⁻² – Sulfato

V – Vanádio

W – Tungstênio

Y – Ítrio

Zn – Zinco

Zr - Zrcônio

RESUMO

Esta dissertação analisa quais os parâmetros que podem, efetivamente, estar contribuindo para a alteração da qualidade das águas na várzea litorânea da região do Suruaca, no norte do Espírito Santo. É desenvolvida tendo por base alguns resultados de campanhas de monitoramento já executadas e algumas em execução nas águas superficiais e subsuperficiais da região. É uma área plana e baixa, com o nível do lençol freático próximo à superfície, altamente desmatada, na qual há uma dominância de atividades tais como pecuária extensiva, plantio de eucaliptos e exploração e produção de petróleo. As campanhas de monitoramento da qualidade das águas que têm sido executados compreendem 27 parâmetros no total, e algumas anomalias têm sido registradas. Os dados são plotados em EXCEL®, de modo a descobrir anomalias em relação a estes parâmetros. Os parâmetros têm também suas características estudadas através de pesquisa bibliográfica. Para ser considerado como anomalia a concentração média do parâmetro tem que estar em desacordo com a legislação, neste caso a Resolução CONAMA 20/86. Também são considerados como anomalias os parâmetros cujas concentrações médias a jusante são maiores do que a montante. Por meio de consulta à bibliografia e entrevistas com pessoas com conhecimento da região, as principais atividades econômicas presentes são definidas, assim como as matérias-primas e insumos utilizados por elas. Estes materiais são analisados utilizando-se ensaios de lixiviação, de solubilização, difratometria por raios-X e fluorescência de raios-X. Desta forma, tenta-se encontrar correlações entre parâmetros com concentrações anômalas e atividades econômicas. Além de fatores de origem antropogênica, há fontes naturais que também contribuem para alterações na qualidade das águas da região. Esta dissertação chega à conclusão que nem todos os parâmetros analisados necessitariam de uma continuidade de monitoramento, visto que tanto as características das atividades econômicas na área de estudo como os resultados dos monitoramentos permitem chegar a esta conclusão. Por outro lado, há outros parâmetros que demandam pesquisas mais profundas, visto que eles ocorrem em concentrações maiores do que esperado. Para estes parâmetros são relacionadas, quando possível, as atividades mais prováveis de estar contribuindo para suas ocorrências com concentrações acima dos níveis permitidos. Não é possível avaliar a origem das concentrações anômalas para bário, chumbo e mercúrio.

ABSTRACT

This essay analyses which parameters may be in fact contributing for changing in water quality in Suruaca coastal lowland region, north of Espírito Santo, Brazil. It is carried out based on some water quality monitoring survey results that have been already done. It is a low and plain area, with freatic level near surface, highly deforested, where there is a dominance of activities such as extensive cattle breeding, plantations of eucalyptus trees, and petroleum exploration and production. Water quality monitoring surveys that have been carried out comprise 27 parameters at total, and some anomalies have been reported. Data are plotted in EXCEL® in order to find out anomalies concerning that parameters. The parameters have their characteristics studied by bibliographic search as well. To be considered as anomaly the parameter mean concentration has not to meet the law, in this case Resolution CONAMA 20/86. Also is considered as anomaly the parameters whose downstream concentration is higher than upstream one. From bibliographic search and interview with people who know the area, main economic activities in the region are defined, as well as raw materials utilized by them. Raw materials are analysed by means of leaching, solubilization, X-ray diffraction and X-ray fluorescence. Thus, it is tried to find links between parameters with anomalous concentrations and economic activities. Besides human sources, there is natural sources that are also contributing for changing the water quality of the region. This essay comes to the conclusion that not all analysed parameters need a continuity of monitoring, since both the characteristics of the economic activities placed in the studied area and the monitoring results give this away. On the other hand, there are other parameters that demand deeper researches, since they occur at concentrations higher than expected. For these latter parameters are related, as possible, the activities more likely of being contributing for its presence with concentrations above the allowable level. It is not possible to evaluate the origin of the anomalous concentrations for barium, lead and mercury.

1 INTRODUÇÃO

O advento da revolução industrial trouxe uma série de benefícios à humanidade mas também alguns custos. Entre os custos, talvez um dos mais visíveis, e bastante discutido no final do século XX e início deste, seja a degradação ambiental. À parte a questão da destruição pura e simples das matas e, por consequência, dos ecossistemas, notadamente para a produção de lenha nos primórdios da dita revolução, a degradação ambiental hoje reflete-se principalmente na alteração da qualidade das águas, dos solos e do ar. Infelizmente, é praticamente impossível determinar quais fatores concorrem para este tipo de degradação, haja vista o grande número de atividades que utilizam substâncias químicas em suas operações e que descartam uma série enorme de poluentes no meio ambiente.

Buscando minimizar os impactos decorrentes das atividades econômicas, o Brasil estabeleceu uma legislação ambiental considerada como uma das mais avançadas do mundo. Por outro lado, faltam recursos ao país para que os preceitos contidos na legislação sejam atendidos.

“A atuação tradicional do Estado é reconhecida, atualmente, como o grande obstáculo para a sua adequação às funções requeridas pelas transformações sociais e econômicas. Destacam-se, especialmente, a má distribuição de papéis nas diversas esferas governamentais, a falta de racionalidade organizacional e a ineficiência administrativa. O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), criado com a finalidade de desempenhar papel-chave na gestão ambiental, principalmente como órgão regulador do uso de recursos ambientais, não tem sido exceção neste contexto” (IBAMA, 1997).

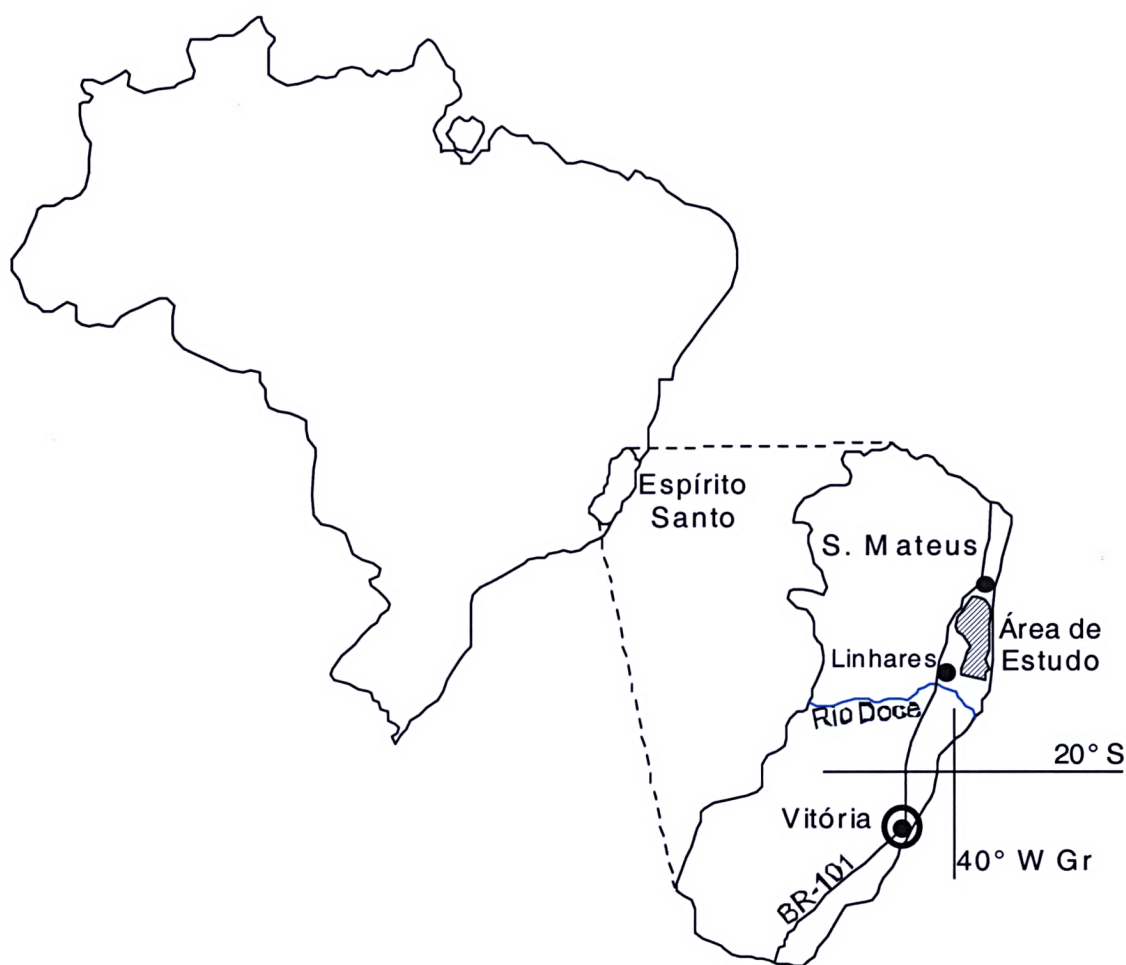
Com isto, a fiscalização é precária e não há uma base de dados ambientais ampla levantada pelo Governo. A falta de base de dados acha-se implícita na própria legislação, ao repassar ao empreendedor o ônus de executar um diagnóstico ambiental da área de influência do projeto que pretenda instalar, conforme Inciso I do Art. 6º da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 01/86 (BRASIL, 1986a): “O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas: I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:...”. Em resumo, o empreendedor definirá os impactos ambientais causados, dentro de um Estudo de Impacto Ambiental, tomando por base um diagnóstico por ele mesmo executado!

Em consequência da situação de precariedade, uma série de atividades vem se desenvolvendo sem um controle eficaz por parte dos órgãos controladores/fiscalizadores, resultando em uma maior degradação ambiental.

Na maior parte das regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, assim como em boa parte da zona rural das demais regiões, a situação torna-se mais frágil ainda. A fiscalização passa a contemplar notadamente as grandes empresas cujo potencial poluidor/degradador é, em princípio, maior. Esta visão é válida ao se analisar as possibilidades que elas têm de causar um grande acidente ambiental. No entanto, se se considerar o que se chama de poluição crônica, maiores danos podem advir, por exemplo, do despejo de esgoto não tratado de uma cidade, ou da aplicação de pesticidas sem controle algum por parte de agricultores, ou seja, de ações realizadas pelo coletivo, onde é difícil determinar quem está poluindo quanto e o que (MEYBECK; HELMER, 1992).

Todo este contexto, no qual se destacam a falta de base de dados ambientais e a fragilidade na fiscalização, é observado na Várzea Litorânea do Suruaca, região costeira norte do Espírito Santo (fig. 1), cuja qualidade das águas continentais será aqui tratada. O controle de atividades poluidoras é exercido basicamente sobre empresas como Aracruz Celulose e Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), dentre poucas outras. No entanto, outras atividades podem estar contribuindo para a alteração da qualidade das águas na área, como a pecuária extensiva e as culturas agrícolas de café, cana e cacau. Além disso, deve-se observar que a qualidade das águas superficiais é influenciada igualmente por fontes naturais.

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



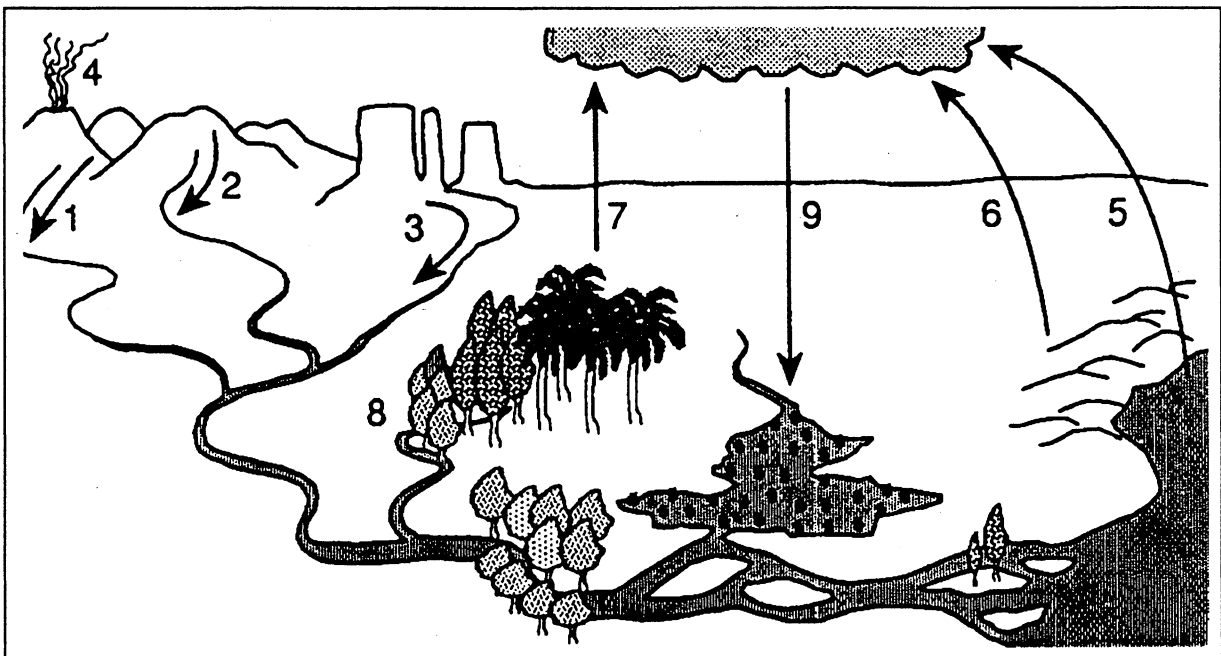
A área de estudo caracteriza-se por ser extremamente baixa, plana, sujeita a inundações e composta em grande parte por solos orgânicos, notadamente turfas. Este tipo de solo, assim como a proximidade da região com o mar, tem potencial para alterar o quimismo das águas, como visto no capítulo seguinte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

MEYBECK et al. (1992) citam que, além do despejo de contaminantes no meio ambiente pelo Homem diretamente em um corpo de água, outros fatores influenciam na qualidade da água amostrada em uma determinada estação de coleta, a saber: proporção de escoamento superficial e água subterrânea; reações dentro do sistema aquoso reguladas por processos internos; e mistura de água com diferentes qualidades dos diversos afluentes.

Estes mesmos autores citam que outras fontes de elementos para corpos de água superficiais são o intemperismo químico de rochas superficiais, a deposição (por chuva ou vento) de elementos contidos no ar e a lixiviação de solos orgânicos (fig. 2).

FIGURA 2 - FONTES NATURAIS DE ELEMENTOS PARA OS RIOS



FONTE: MEYBECK et al. (1992, p. 250)

NOTA: 1, 2 e 3: intemperismo químico de rochas superficiais; 4: emissões vulcânicas; 5: aerossóis oceânicos reciclados; 6: erosão eólica continental; 7: decaimento de vegetação; 8: lixiviação de solos orgânicos; 9: atmosfera em geral.

Quanto à lixiviação de solos orgânicos, FUJII et al. (1998, tabela F4) detectam valores de ferro acima daqueles que são estabelecidos pela Resolução CONAMA 20 (BRASIL, 1986b), ao estudarem águas de solos agrícolas turfosos na Califórnia. Altos teores de ferro foram também descritos por DRIESSEN e SUDEWO ¹, citados por ANDRIESSE (1988).

A citação à Resolução CONAMA nº 20 deve-se a ser ela a legislação federal para as águas naturais, discorrendo sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o Território Nacional, bem como determinando padrões de lançamento de efluentes.

Em seu artigo 20 ela estabelece que, enquanto não forem realizados os enquadramentos das águas, as águas doces serão consideradas como pertencentes à Classe 2 (uma das nove classes definidas na Resolução). Como, na região do estudo, o governo estadual ainda não procedeu ao enquadramento das águas, elas são aqui consideradas como de Classe 2.

Esta mesma resolução explicita, em seu artigo 5º, os padrões de qualidade para a Classe 2. É permitido, a uma determinada atividade econômica, lançar efluentes com substâncias cujas concentrações estejam acima do definido pelo artigo 5º, desde que não alterem a qualidade (classe) do corpo receptor e que atendam ao disposto no artigo 21 (sobre as condições para o lançamento de efluentes).

Nas regiões úmidas onde os solos são submetidos à pluviosidade e lixiviação elevadas, os íons de Ca^{++} são substituídos pelos de H^+ da água; os solos passam a ter reação ácida, com formação de argila-H. A acidez do solo está grandemente condicionada aos íons H^+ adsorvidos nas partículas coloidais. O incremento da acidez nos solos torna o ferro progressivamente mais solúvel (BIGARELLA; BECKER; PASSOS, 1996).

¹ DRIESSEN, P. M.; SUDEWO, P. (1977). **A review of crops and crop performance on Southeast Asian lowland peats**. Bull. n. 4, Soil Research Institute, Bogor, Indonesia.

O ferro é naturalmente derivado do intemperismo crustal de minerais de rochas ígneas e minérios sulfetados (pirita) e também do intemperismo de rochas sedimentares e de metamórficas (McNEELY; NEIMANIS; DWYER, 1979).

A presença de ferro em águas ácidas proveniente de turfas não é rara (ANDRIESSE, 1988). Provavelmente, provém da solubilização da turfa, pois, conforme ANDRIESSE (1988), turfeiras em terras baixas tropicais freqüentemente contêm quantidades consideráveis de pirita. Não está claro ainda se as turfeiras tropicais têm composição elemental essencialmente diferente da de turfeiras de clima temperado. Sugere-se, todavia, que, visto que solos tropicais comumente têm maiores conteúdos de sesquióxidos do que solos de regiões temperadas, os ambientes formadores de turfeiras tropicais, e as próprias turfas, podem geralmente refletir tal diferença através de maiores conteúdos de ferro e alumínio (ANDRIESSE, 1988).

De uma maneira mais genérica, DURAND e NICAISE (1980) citam a estreita associação entre matéria orgânica e pirita nos sedimentos.

COMBAZ (1980) apresenta microfotografias tratando de inclusões minerais em restos de matéria orgânica, das quais a imensa maioria é constituída por sulfetos de ferro.

A oxidação de matéria orgânica em sedimentos anóxicos pode aumentar a concentração de metais dissolvidos pelo fenômeno de dessorção (MEYBECK et al., 1992).

A abertura de canais de drenagem em região turfosa pode, em algum grau, favorecer a oxidação da turfa, cuja capacidade de troca catiônica, maior que a de argilas com alta CTC (como a montmorilonita), permite supor que haja alguma concentração de cátions adsorvidos. Com isto, ocorreria a liberação destes cátions para as águas.

À parte o intemperismo de rochas, outras fontes naturais carregam para os corpos de água não apenas elementos naturalmente encontrados no meio ambiente, mas também elementos antropogênicos.

A deposição de elementos trazidos pela atmosfera pode conter tanto aerossóis oceânicos ricos em íons de sódio (Na^+), cloreto (Cl^-), magnésio (Mg^{++}), sulfatos (SO_4^{-2}) (MEYBECK et al., 1992), como também metais pesados de origem antropogênica, estes transportados predominantemente como material particulado (MANAHAM, 1992). O transporte atmosférico explica, por exemplo, a ocorrência de chumbo (Pb) em altíssimas latitudes (Ártica e Antártica), proveniente das emissões de gases de veículos automotores (MUROZUMI; CHOW; PATTERSON, 1969; NG; PATTERSON, 1981).

Os fenóis podem ocorrer naturalmente oriundos de metabolismo de organismos aquáticos ou da transformação de matéria orgânica, incluindo decaimento vegetal (CHAPMAN; KIMSTACH, 1992). Também podem se originar da hidrólise, oxidação química e degradação microbiológica de pesticidas fenólicos (McNEELY, NEIMANIS; DWYER, 1979). Embora normalmente degradáveis, alguns fenóis são resistentes à degradação biológica e podem assim ser transportados por longas distâncias na água (McNEELY; NEIMANIS; DWYER, 1979.).

CUSTODIO (1987) cita que a evaporação de corpos de água superficial ou diretamente da água subterrânea quando o nível freático está a uma baixa profundidade produz água salina, mesmo a partir de águas doces continentais sem qualquer mistura prévia com água do mar. Este fato ocorre em águas costeiras muito planas e baixas em climas secos.

Este mesmo autor descreve a possibilidade de sistemas com fluxo muito lento e grande tempo de residência poderem descarregar água salobra e até salgada próximo à costa.

SALOMONS e FÖRSTNER², citados por FERGUSON (1990), desenvolvendo estudos de metais pesados em regiões estuarinas, concluem que 93% do chumbo e 90% do cádmio que são ali despejados ficam retidos.

² SALOMONS; W.; FÖRSTNER, U. (1984). **Metals in the hydrocycle**. S/l: Springer-Verlag.

Obviamente, a ação humana também contribui, e de maneira rápida, para a questão da qualidade das águas. Seja pelo lançamento de esgoto doméstico, seja pela disposição inadequada de lixo doméstico, ou ainda pelas atividades industriais, vários são os caminhos pelos quais a presença do Homem impacta as águas.

Não se tem registro, na área em foco, de estudos sistemáticos da qualidade das águas, à exceção de alguns conduzidos pela Petrobras, que ali desenvolve suas atividades de exploração e produção de petróleo. Dentre os estudos, destaca-se o Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas (PETROBRAS, 1999), em execução desde 1995. Um outro estudo, abrangente, porém de caráter temporário, está contido em MENDONÇA et al. (1997).

A influência que a atividade de exploração e produção de petróleo (E&P) tem sobre o quimismo das águas superficiais, subsuperficiais e subterrâneas é de difícil definição, sobretudo no Brasil, país onde existem poucos estudos publicados sobre o impacto que o fluido de perfuração (principal efluente de E&P na região) traz para as águas continentais. A imensa parte dos estudos existentes são estudos internos da Petrobras, não publicados, e conduzidos de forma aleatória. De fato, tratam-se mais de execução de planos de monitoramento, a maioria dos quais sem um relatório final analisando possíveis desvios encontrados.

A influência desta atividade na qualidade das águas superficiais ocorre pelo descarte do resíduo proveniente da atividade de perfuração propriamente dita e pela possibilidade de descarte de resíduos da própria sonda no dique aberto ao lado da mesma. Estes últimos correspondem a resíduos domésticos, embalagens de produtos utilizados na fabricação do fluido e águas fluviais contaminadas por resíduos oleosos da sonda (graxa e óleo diesel, entre outros). Como toda locação é provida de fossas sépticas onde o esgoto é descartado (fig. 3), esgoto doméstico não será considerado nesta discussão.

FIGURA 3 – FOSSA SÉPTICA NAS LOCAÇÕES



O resíduo proveniente da atividade de perfuração é composto por cascalho, trazido dos substratos rochosos, e do fluido de perfuração, os quais são descartados diretamente em um dique (fig. 4). No dique encontra-se uma fase composta por fluido de perfuração praticamente livre e outra composta pelo cascalho envolto por uma película de fluido de perfuração, caracterizando uma fase semi-sólida.

Estudos sobre fluidos de perfuração têm sido desenvolvidos principalmente em termos de ecotoxicologia. No Brasil, quem costuma executar este tipo de pesquisa é a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que tem alguns trabalhos publicados nesta área (CETESB, 1990a, 1990b, 1992).

FIGURA 4 – DIQUE COM RESÍDUOS PROVENIENTES DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO



VEIGA (1998) defende a aplicação de estudos toxicológicos para se definir o grau de impacto que um fluido de perfuração pode trazer, ao ser descartado, à ictiofauna, em vez de se ater à qualidade da água. Em seu estudo, no qual avalia 12 formulações de fluido de perfuração, conclui que elas são ambientalmente aceitáveis segundo os critérios ecotoxicológicos adotados pela EPA.

CETESB (1998), analisando um plano de monitoramento interno da Petrobras, sugere uma melhor caracterização dos resíduos provenientes da atividade de perfuração.

Na Holanda, país situado em terreno plano, com o nível freático alto e baixas velocidades de fluxo de água subterrânea (características semelhantes às da área em estudo), diversos levantamentos de âmbito nacional foram conduzidos para obter informação sobre a qualidade do solo e da água subterrânea rasa desde a segunda metade dos anos 80. Estes levantamentos focalizaram a influência de várias atividades humanas sobre a qualidade dos solos e das águas subterrâneas, levando em consideração a vulnerabilidade deles aos poluentes. Foi constatada que, para fontes difusas de poluição, tais como uso agrícola de solos e deposição atmosférica, uma grande variabilidade existe na carga poluidora sobre a superfície da terra, mesmo a curtas distâncias, traduzindo-se em igualmente grande variabilidade na qualidade do solo e das águas. Por este motivo, resultados analíticos de amostras individuais não são indicativos de qualidade ambiental geral (DUIJVENBOODEN, 1993).

O uso agrícola do solo tem potencial de contaminação devido ao uso de fertilizantes e pesticidas. Estes produtos entram nas águas seja por volatilização, transporte pela atmosfera e posterior deposição, seja por escoamento superficial (*run-off*) em áreas agrícolas (incluindo erosão do solo por drenagem superficial e do subsolo), em ambos os casos tratando-se de fontes difusas de poluição (MEYBECK; HELMER, 1992).

A contaminação das águas por pesticidas é assunto controverso, no que diz respeito ao grau de contaminação. EDWARDS (1973), avaliando monitoramentos de pesticidas organoclorados em rios, conclui que suas quantidades em rios são relativamente pequenas, exceto onde há alguma causa óbvia tal como descarga por efluente industrial, aplicação direta ou adição accidental. Este mesmo autor chega à mesma conclusão quando se trata de regiões estuarinas.

MACKAY e SMITH (1993), analisando os resultados de monitoramento de água subterrânea na Califórnia, aventam a hipótese de que muitos dos ingredientes inertes de pesticidas têm potencial para contaminar as águas subterrâneas. Ingredientes inertes são aqueles que não contribuem para a atividade específica pretendida para o pesticida mas que são usados para outras propostas.

Os inseticidas Lorsban (organofosforado) e Thiodan (organoclorado), por exemplo, contém mais de 2/3 de suas formulações compostas por ingredientes inertes, conforme informações contidas em suas bulas (LORSBAN 480BR, 2000; THIODAN CE, 2000).

SINCLAIR e PRESSINGER (2000b) citam um artigo destacando a biodegradação de Malathion em produtos ainda mais perigosos e persistentes no meio ambiente.

LOUMBOURDIS e WRAY (1998), estudando a concentração de metais pesados nos tecidos de uma espécie de anfíbio, concluem que a alta carga poluidora no rio que constitui seu hábitat deve ser a causa da presença de metais pesados no animal. Estes metais pesados, segundo os autores, seriam originários de fertilizantes, de pesticidas e de escoamento superficial urbano.

Quanto aos fertilizantes inorgânicos, seu potencial em contaminar o meio ambiente com os parâmetros que ora estão sendo estudados não se constitui em assunto controverso como ocorre com os pesticidas.

AL-SHAWI e DAHL (1999), estudando o método de cromatografia iônica na determinação de cádmio e outros metais pesados em soluções de fertilizantes fosfatados, apresentam uma tabela (tabela 1) com as concentrações dos metais-traço em rochas fosfatadas, matéria-prima da maior parte destes fertilizantes. Muitas vezes, a concentração do elemento na matéria-prima é mesmo maior do que os limites impostos em alguns países para o elemento no fertilizante.

Por exemplo, na tabela 1 vê-se que rochas fosfatadas do oeste dos EUA contêm cádmio em teores maiores do que o permitido para este elemento em fertilizantes na Holanda, Suíça e Península Escandinava.

TABELA 1 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE METAIS-TRAÇO EM DEPÓSITOS DE ROCHAS FOSFATADAS E LIMITES DE CÁDMIO EM FERTILIZANTES FOSFATADOS EM VÁRIOS PAÍSES

DEPÓSITOS DE ROCHAS FOSFATADAS	CONCENTRAÇÕES DE METAIS-TRAÇO (mg/kg)								Limite para Cd	
	Cu	Cd	Ni	Zn	Co	Pb	Mn		País	Conc.
Rússia										
Kola	30	0,1	2	19	2	3	250		Holanda	35
USA									Finlândia	
Carolina do Norte	15	40	22	360	3	9	27		Noruega	50
Flórida	25	8	40	90	-	14	220		Suíça	
Região Oeste	80	100	85	870	-	12	75		Suécia	100
África do Sul	130	0,15	35	6	1,5	35	145		Dinamarca	110
Marrocos									Áustria	170
BouCraa	15	35	19	120	0,7	5	35		Bélgica	200
Youssofia	16	40	-	490	1	22	20		Alemanha	
Khourigba	34	18	32	240	1	6	15		Austrália	300
Oriente Médio									Japão	343
Jordânia	15	6	17	250	1	4	8			
Israel	30	20	40	450	2	-	12			

FONTE: AL-SHAWI e DAHL (1999)

NOTA: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero.

LIN e SCHORR (1997) comentam que há uma grande preocupação na indústria de fertilizante na Europa ocidental, no norte da África e nos Estados Unidos com relação à contaminação por metais pesados de fertilizantes gerados de rochas fosfatadas com concentrações relativamente altas destes metais.

A fluorapatita, um componente comum em fosfatos, possibilita a emissão de flúor para o solo, plantas e também para a água subterrânea. Durante um período de 30 anos, o conteúdo de flúor em terra arável ao redor do mundo dobrou devido à aplicação de fertilizantes fosfatados. Como resultado, elementos traços como cádmio vem para o ambiente (HOUZIM et al., 1986).

GIMENO-GARCÍA, ANDREU e BOLUDA (1996) concluem que fertilizantes inorgânicos e pesticidas aplicados em culturas de arroz no norte da Espanha estão contribuindo para um aumento nas concentrações de Cu, Cd, Co, Zn, Fe, Pb e Mn, sendo que Cu, Cd, Pb e Mn são os mais perigosos por terem maior mobilidade comparativa (são menos facilmente adsorvidos pelo solo).

Os fertilizantes inorgânicos são sujeitos à decomposição na forma de dissociação em soluções aquosas e são menos facilmente adsorvidos pelo solo. Os sulfatos em condições anaeróbicas são bioquimicamente reduzidos a H_2S (HOUZIM et al., 1986).

VRBA (1986) sugere que, em áreas onde se utilizem fertilizantes fosfatados, sejam monitorados os seguintes parâmetros em águas subterrâneas: Cl^- , SO_4^{2-} , Cd, Cr, Cu, As, Pb e Hg.

CAMELO, MIGUEZ e MARBÁN (1997) concluem que as concentrações de metais pesados em fertilizantes fosfatados inorgânicos utilizados na Argentina variam muito. Dos metais que eles analisam, cádmio foi o único que apresentou uma concentração média (considerando-se todos os diferentes tipos de fertilizantes analisados) muito maior do que o valor médio encontrado na natureza. Cobre, zinco e chumbo tiveram concentração média próxima à média natural, porém alguns tipos de fertilizantes apresentaram valores bem elevados desses elementos. Níquel e cromo não apresentaram anomalias significativas.

Como a região de estudo carece de estudos sistemáticos que caracterizem uma série histórica, as conclusões apresentadas ao final do trabalho devem ser vistas com cuidado. Constituem, antes, um indicativo de onde pesquisas futuras devem ser aprofundadas, e onde elas não são prioritariamente necessárias.

O estudo aqui apresentado teve como ponto de partida o trabalho de MENDONÇA (1997). O trabalho, em verdade um estudo de impacto ambiental executado nos moldes previstos na legislação (BRASIL, 1986a), representou o fechamento de uma longa negociação envolvendo a Unidade de Exploração e Produção de Petróleo do Espírito Santo (E&P-ES) e a Secretaria de Estado do Espírito Santo para Assuntos do Meio Ambiente (SEAMA).

A Petrobras, que estuda a Bacia do Espírito Santo desde a década de 50, fez sua primeira descoberta de petróleo no Espírito Santo em 1968, porém só a partir de 1973 iniciou a produção comercial de petróleo. Até 1991, os levantamentos sísmicos e a perfuração de poços de petróleo eram realizados sem a licença ambiental já prevista na legislação (BRASIL, 1986a). A partir de 1991, teve início o licenciamento ambiental dos poços e dos levantamentos sísmicos, porém a licença era fornecida poço a poço, levantamento a levantamento, acarretando a abertura de uma série de processos de licenciamento na SEAMA (de 10 a 15 por ano). Com isto, além da dificuldade em se administrar tantos processos, perdia-se não só tempo, mas também a visão global dos impactos que tais atividades poderiam trazer, visto serem elas pontuais (a perfuração de um poço implica em se ocupar uma área de cerca de 0,005 km²), porém dispersas por uma área de mais de 2 mil km².

Por fim, em 1995 decidiu-se pela consecução de um Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), de modo a agilizar futuros licenciamentos e regularizar os poços e instalações em situação ainda irregular.

Os parâmetros analisados nas águas, contidos em MENDONÇA et al. (1997), foram os determinados pela SEAMA, e foram escolhidos em função da atividade de exploração e produção de petróleo. Desta forma, parâmetros comuns de serem analisados quando se trata de qualidade das águas, como nitratos e fosfatos, não foram aqui tratados.

Traçar um paralelo entre o trabalho de MENDONÇA (1997) e algum outro não foi possível, pois estudos de impacto ambiental devem ser executados em áreas a serem ocupadas por alguma nova atividade, o que não foi o caso. Também a área abrangida pelo EIA, de cerca de 2 mil km² (abrangendo à época quatro, hoje cinco, municípios) e o pouco tempo dado para a sua execução (menos de um ano) constituem-se em características bem particulares. Para finalizar, deve-se lembrar que a atividade de exploração e produção de petróleo desenvolve-se, no caso do Espírito Santo, sempre em terras de terceiros, já impactadas pela atividade agropecuária ou pelo plantio de eucaliptos.

Assim, não é possível, grosso modo, separar os impactos ambientais provenientes da indústria do petróleo daqueles oriundos de atividades que concorrem para o uso do mesmo solo.

Esta visão ampla, englobando em um estudo outras atividades que concorrem para uma determinada alteração de paisagem, é a mesma sugerida por FORTESCUE (1980) ao tratar de temas relacionados à geoquímica ambiental.

O presente trabalho, por ter um grande envolvimento com a geoquímica ambiental, é a seguir caracterizado de acordo com a classificação de FORTESCUE (1980).

Este estudo é de âmbito regional, dentro da hierarquia que FORTESCUE (1980) estabelece para a condução de estudos em geoquímica ambiental.

Como as alterações nas paisagens em regiões ocupadas pelo Homem são rápidas, pode-se afirmar que elas ocorrem na área de estudo em escala de tempo tecnológico.

Este estudo foi até o nível iônico de cada parâmetro, que é o nível a que chega a legislação brasileira (e internacional) quando trata de qualidade das águas naturais (BRASIL, 1986b) e de resíduos sólidos (ABNT, 1987a)

O esforço científico foi até o nível descritivo, ou seja, os dados não foram obtidos devido à aplicação de algum método estatístico ou matemático.

3 OBJETIVOS

Esta dissertação trata das atividades econômicas de maneira conjunta, ciente de que uma pode estar gerando impactos em áreas ocupadas por outra. Esta visão integrada das atividades econômicas é utilizada para se obter uma avaliação preliminar da qualidade das águas.

O objetivo principal deste estudo é identificar atividades econômicas que possam estar concorrendo para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas rasas, situadas em zona de aquífero livre, em região que abrange, dentre outras atividades econômicas, a exploração e produção de petróleo.

Como objetivo secundário, subsidiar os agentes econômicos presentes na região com informações que possibilitem uma melhor estruturação de seus planos de monitoramento da qualidade das águas, bem como indicar eventuais lacunas onde futuros estudos de aprofundamento sejam necessários.

Foram utilizados dados disponíveis na literatura, referentes a resultados de análises de água, solos, resíduos e insumos, para as várias atividades econômicas presentes, obtidos em pesquisas anteriores. Além destes, alguns dados novos foram obtidos a partir do presente trabalho, fazendo com que a análise conjunta de todas as informações coletadas permitisse chegar a algumas conclusões, tendo sempre em foco o objetivo principal.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Neste capítulo, a descrição da área foi subdividida em três grandes tópicos: meio físico, meio biótico e meio antrópico. Esta subdivisão foi apenas didática, visto que estes meios interagem entre si, em hipótese alguma devendo ser vistos como sistemas estanques. Ênfase maior foi dada aos meios físico e antrópico, por exercerem maior influência na qualidade das águas quanto aos parâmetros analisados.

4.1 MEIO FÍSICO

No meio físico são descritos o clima e condições meteorológicas (classificação climática, temperatura, pluviosidade, umidade relativa do ar, balanço hídrico, ventos), os recursos hídricos interiores (redes de drenagem, vazões, uso da água, transporte de sedimentos, direção de fluxo do escoamento subterrâneo), a geologia, a geomorfologia e os solos da área de estudo.

4.1.1 Classificação Climática

A maior parte da região de estudo possui tipo climático Aw (clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno), o chamado Clima das Savanas Tropicais, que abrange cerca de 70% da área do Espírito Santo (MENDONÇA et al., 1997).

4.1.2 Temperatura

Em Linhares, fevereiro é o mês mais quente, com temperatura média de 26,2°C e o mais frio é julho, com 20,9°C. O padrão de variação das temperaturas em São Mateus é semelhante ao de Linhares (MENDONÇA et al., 1997).

Conclui-se que toda a região de estudo é quente, com pequena variação dos valores de temperatura nas estações climatológicas nela existentes.

4.1.3 Pluviosidade

A região em estudo apresenta regime pluviométrico com chuvas mal distribuídas no decorrer dos anos e durante o ano. Em Linhares chove em média 1.254 mm por ano e em São Mateus 1.236 mm (MENDONÇA et al., 1997). A estação seca coincide com os meses mais frios do ano. A má distribuição das chuvas faz com que o balanço hídrico da região de estudo seja caracterizado por uma forte deficiência de água no solo na maior parte do ano, o que leva as plantas cultivadas estarem sempre com mecanismos de economia de água acionados ou que as atividades agrícolas sejam dependentes de irrigação na maior parte do ano e, ainda, que os ecossistemas naturais sejam compostos por plantas adaptadas à falta de água no solo, tendo desenvolvido, ao longo dos processos evolutivos, sistemas e estruturas de proteção contra a falta de água (MENDONÇA et al., 1997).

Esta distribuição das chuvas é comum em todo o norte do Espírito Santo e está ligada a fenômenos atmosféricos globais, principalmente os que se denominam de Oscilação Sul e “El Niño” (MENDONÇA et al., 1997).

4.1.4 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa média do ar na região em estudo é de 83%, valor relativamente elevado para as temperaturas médias observadas, sendo devido à proximidade do mar, que possibilita um fluxo constante de vapor d'água para a atmosfera (MENDONÇA et al., 1997).

4.1.5 Ventos

A região costeira norte do Espírito Santo se encaixa muito bem na circulação geral da atmosfera (MENDONÇA et al., 1997), com predomínio absoluto de ventos de nordeste. É também significativa a frequência de ventos de direção com componente leste, devido provavelmente à proximidade do Oceano Atlântico, sem apresentar significativa frequência de ventos vindos de oeste.

Dada a grande distância de fontes de poluição do ar e a ausência de indústrias, a área estudada ainda não foi palco de estudos sobre a composição de poluentes atmosféricos.

A proximidade com o mar ao longo de toda a área faz com que os componentes atmosféricos estejam intimamente ligados à presença de aerossóis marinhos mantidos em suspensão no ar (MENDONÇA, 1997).

4.1.6 Redes de Drenagem

A área situa-se, no que diz respeito aos recursos hídricos, na Região Hidrográfica 3 (Doce) da Carta Agroclimática do Espírito Santo, produzida pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA).

Dentro da região hidrográfica do Doce existe o Rio Barra Seca, que deságua na Lagoa Suruaca. O Rio Barra Seca passa pela Reserva Biológica de Sooretama. Cabe observar a existência de diversas lagoas e que grande parte da região é alagada, apresentando vários quilômetros de canais de drenagem construídos pelo Departamento Nacional de Obras contra Secas (DNOS) ou por fazendeiros da região.

As áreas alagadas litorâneas são influenciadas por enchentes periódicas no Rio Doce.

4.1.7 Estudo de Vazões

Na área de estudo não existe qualquer posto fluviométrico. Cabe observar que, devido à proximidade do mar, medições de vazões nesta área não seriam confiáveis devido à influência do movimento de maré, que causa represamento cíclico da água doce (MENDONÇA, 1997).

4.1.8 Uso da Água

A água na região em estudo é utilizada principalmente para abastecimento público, diluição e depuração de esgotos domésticos e dessedentação de animais. Devido à coloração escura das águas, geralmente a captação é feita em cacimba próxima aos cursos d'água para obtenção de água mais clara para abastecimento.

Existe tratamento de água para abastecimento de algumas localidades, tais como Pontal de Ipiranga. Contudo, em épocas posteriores às chuvas, o tratamento convencional não consegue remover totalmente a coloração escura, gerando reclamações da população.

4.1.9 Transporte de Sedimentos

A taxa de transporte de sedimentos em suspensão nos vários cursos d'água da presente área de estudos é relativamente pequena, de acordo com MENDONÇA et al. (1997).

Quanto ao potencial de erosão das margens dos cursos d'água na área de estudo, pode-se dizer que, em geral, as margens estão bem protegidas por vegetação, como exemplificado na figura 5. Entretanto, em alguns poucos trechos, a proteção das margens contra a erosão é muito precária, favorecendo, assim, a erosão de material das margens e conseqüente transporte/deposição ao longo dos cursos d'água.

FIGURA 5 - EXEMPLOS DE PROTEÇÃO DAS MARGENS DE CURSOS DE ÁGUA COM RELAÇÃO À EROSÃO



NOTA: À esquerda, exemplo de boa proteção das margens, no Córrego São Domingos. À direita exemplo de cenário favorável à erosão das margens pela ação da corrente líquida (Rio Comboios).

4.1.10 Direção de Fluxo do Escoamento Subterrâneo

A área de estudo assenta-se principalmente em relevo plano, de alta susceptibilidade a inundações, conforme mostra a figura 6, ou permanentemente inundada em algumas regiões.

A direção de fluxos da água subsuperficial em locais com essas características é pouco previsível e de difícil monitoramento, principalmente pela ocorrência de valores baixos de inclinação da superfície freática, ou mesmo pela possibilidade de uma dada área estar inundada.

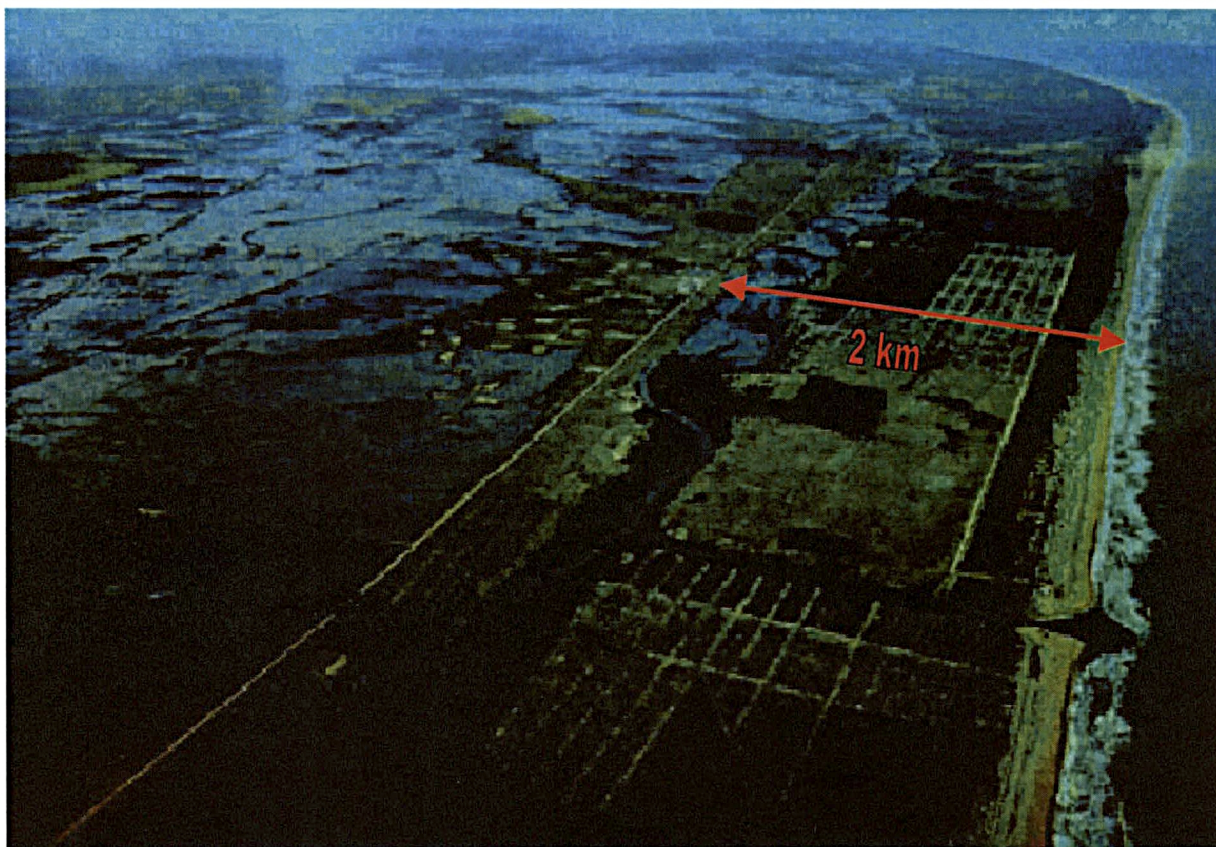
No primeiro caso, a determinação da direção do fluxo através de monitoramento da variação espacial de elevações do nível freático se torna imprecisa, e, no segundo caso, não procede.

Como uma solução alternativa, MENDONÇA et al. (1997) determinaram a direção do fluxo subterrâneo baseando-se no uso de técnica de traçagem, que consistiu da injeção de um traçador fluorescente (corante orgânico com propriedades de fluorescência) no poço central de uma malha de poços, seguida do monitoramento de concentrações do traçador nos poços adjacentes. Não é escopo deste trabalho discorrer sobre a direção do fluxo, mas algumas considerações de MENDONÇA (1997, p. 54) são a seguir transcritas:

De uma forma geral, a frente do traçador se deslocou a uma velocidade da ordem de 30cm/dia, sendo este valor uma estimativa da velocidade de percolação da água subterrânea na matriz do solo. Esta velocidade é muito lenta, reforçando os comentários feitos acima, com relação à dificuldade de determinação da direção do fluxo através de medições de níveis da superfície do lençol freático.

Devido à pouca declividade do terreno nos locais ensaiados, recomenda-se cautela na extensão dos resultados obtidos nestes ensaios para outras épocas do ano. Os ensaios foram realizados durante um período de tempo relativamente curto, bastante chuvoso, onde a direção do escoamento subterrâneo nesta região pode ser influenciada pela recarga dos aquíferos, que em muitos pontos durante o período das chuvas eleva-se acima do nível do terreno, inundando vastas regiões.

FIGURA 6 - VISTA AÉREA DA VÁRZEA LITORÂNEA DA SURUACA, ESTAÇÃO COLETORA³ DE PETRÓLEO DE LAGOA SURUACA E POVOADO DE PONTAL DO IPIRANGA, EM ÉPOCA DE ENCHENTE DO RIO DOCE (JAN/98)



Na região da Estação Coletora de Fazenda Cedro o fluxo subterrâneo deu-se nos sentidos sudeste e sul, e na região do loteamento Pontal do Ipiranga (adjacente à Estação de Lagoa Suruaca) nos sentidos nordeste e leste (MENDONÇA et al., 1997). Estudos conduzidos na área da Estação de Fazenda Santa Luzia revelaram sentido do fluxo geral para nordeste (PETROBRAS, 1999).

³ Estação Coletora: na indústria do petróleo, designa uma planta industrial que recebe o gás e petróleo produzidos nos campos de petróleo. O gás e água que costumam vir associados ao petróleo são separados. A água é reinjetada a grandes profundidades, o gás é ou utilizado como energia na própria Estação, ou reinjetado no reservatório de origem ou simplesmente queimado. O petróleo e o gás não associado são transportados por dutos até os terminais de petróleo, de onde seguem para as refinarias ou diretamente para o consumidor final (no caso do gás).

Em suma, como já se esperava, devido à proximidade da linha de costa, o sentido de fluxo das águas subterrâneas tem um grande vetor apontando para leste.

4.1.11 Geologia

Na área de estudo afloram somente os sedimentos terciários e quaternários (fig. 7) das formações Linhares, Barreiras e Rio Doce. A estratigrafia da Bacia do Espírito Santo é simples e mostrada a seguir.

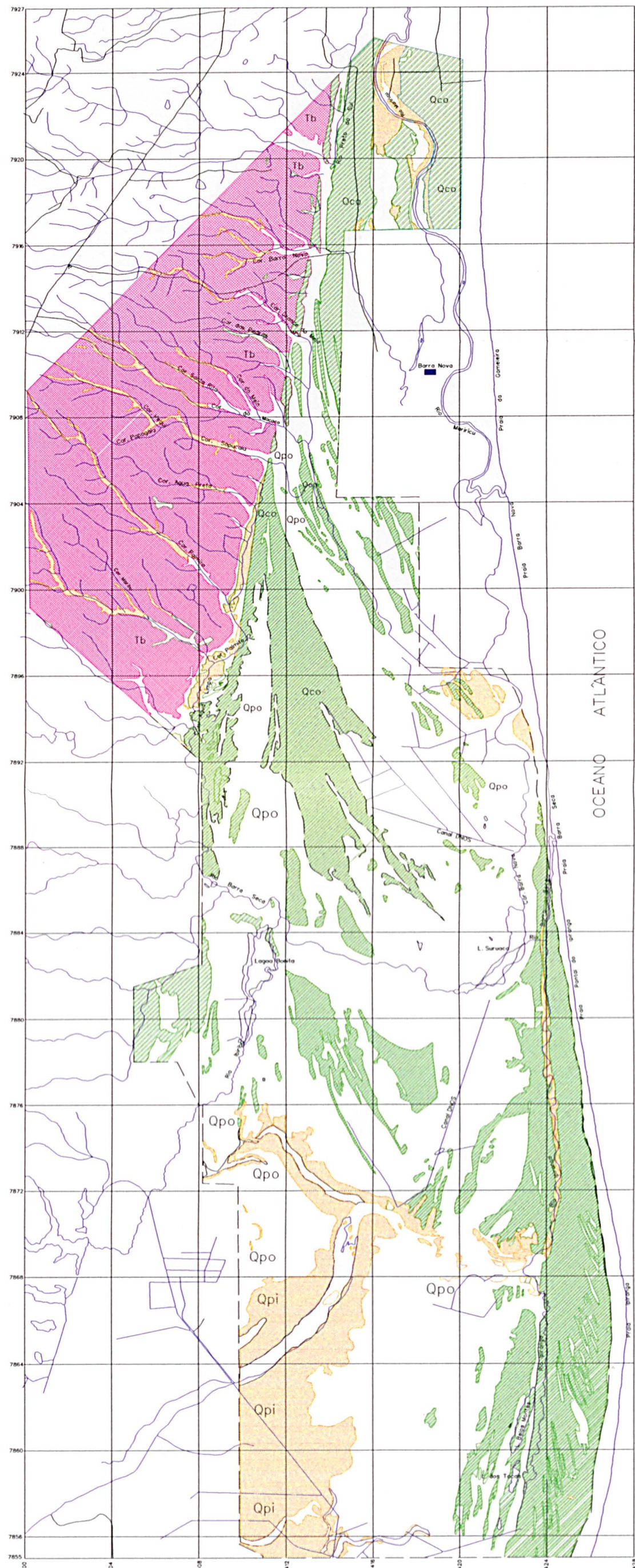
A coluna geológica apresentada no quadro 1 é a adotada pelos técnicos da Gerência de Exploração (GEXP) da Petrobras/E&P-ES, tendo por base o trabalho de VIEIRA et al. (1994). As únicas unidades aflorantes na área de estudo são a Formação Linhares, o Grupo Barreiras e a Formação Rio Doce.

QUADRO 1 – COLUNA GEOLÓGICA DA BACIA SEDIMENTAR DO ESPÍRITO SANTO

PERÍODO/ ÉPOCA	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA PREDOMINANTE
Quaternário		Linhares	Sedimentos clásticos e pelíticos inconsolidados
Terciário	Espírito Santo	Barreiras	Conglomerados, arcósios e argilitos
		Rio Doce	Arcósios, arenitos, folhelhos e argilitos
		Caravelas	Carbonatos
		Abrolhos	Basalto, diabásio, tufo e brecha vulcânica
		Urucutuca	Folhelhos, calcários, conglomerados e arenitos
Cretáceo	Barra Nova	Regência	Calcoarenitos
		São Mateus	Arcósios
	Nativo	Maricú	Arcósios, conglomerados, folhelhos, camadas de anidrita e halita
		Cricaré	Arenitos, conglomerados, folhelhos e carbonatos
		Cabiúnas	Basalto toleítico

FONTE: VIEIRA et al. (1994)

FIGURA 7 – MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: MENDONÇA (1997)

LEGENDA:

- Hidrografia
 - Limite da área de estudo
 - Vila
- Quaternário
- Qpi - Planície de inundação
 - Qci - Canal fluvial
 - Qpo - Pântano
 - Qco - Cordões litorâneos
- Terciário
- Tb - Formação Barreiras

ESC.: 1/200.000

A região está assentada na Bacia Sedimentar do Espírito Santo. Esta bacia limita-se ao norte com a Bacia de Mucuri e ao sul com a Bacia de Campos, sendo composta por rochas sedimentares depositadas apenas a partir do Cretáceo, e sua origem está relacionada, como as demais bacias sedimentares costeiras brasileiras, com a formação do Oceano Atlântico.

Por serem as formações que afloram na área de estudo, a seguir será feita uma breve descrição das formações Riodoce, Barreiras e Linhares.

4.1.11.1 Formação Rio Doce

Definida por ASMUS, GOMES e PEREIRA (1971) para designar a seção basicamente arenosa associada aos carbonatos Caravelas e sobreposta aos folhelhos Urucutuca, é constituída predominantemente por arcóseo hialino médio a muito grosso, com intercalações de folhelho cinza-escuro a preto e argilito cinza-esverdeado.

O contato inferior da Formação Rio Doce é gradacional com as formações Urucutuca e Caravelas, ou discordante com as formações Regência, São Mateus, Mariricu ou mesmo com o embasamento. O contato superior é discordante com os clásticos continentais da Formação Barreiras e com os sedimentos aluviais quaternários (VIEIRA et al., 1994).

A idade abrangida pela sedimentação desta unidade data do Eoceno até o final do Mioceno, pela presença de palinórfos e foraminíferos bentônicos. Os sistemas deposicionais atuantes eram leques costeiros em ambiente marinho (VIEIRA et al., 1994).

Correlações estratigráficas desta unidade podem ser feitas com a Formação Marituba (Sergipe/Alagoas) e com o Membro São Tomé (Campos) (VIEIRA et al., 1994).

4.1.11.2 Formação Barreiras

O termo Barreiras foi utilizado inicialmente por BRANNER (1902) para designar os tabuleiros formados por sedimentos não consolidados ou pouco consolidados que ocorrem na faixa costeira atlântica. Foi formalizado por VIANA et al. (1971). Os principais constituintes litológicos são conglomerados polimíticos, arcóseos de cores variadas e, secundariamente, argilitos e folhelhos variegados.

4.1.11.3 Formação Linhares

Correspondem a sedimentos arenosos e pelíticos do quaternário, inconsolidados.

4.1.12 Geomorfologia

A geomorfologia da área de estudo é bem simples, dividindo-se em dois grandes grupos: os tabuleiros costeiros e a planície costeira.

Os tabuleiros costeiros são as unidades geomorfológicas situadas mais na porção oeste da área de estudo, cujo limite oeste são os sopés das elevações cristalinas e o limite leste, as planícies litorâneas de idade quaternária.

Estendem-se para muito além da área de estudo e caracterizam-se por amplas áreas planas, separadas por vales aluviais de grandes dimensões, formados por acumulação fluvial no Quaternário, onde os rios trabalham na formação de seus meandros, como pode ser bem observada nos vales dos rios São Mateus, Barra Seca e Doce.

O contato entre os tabuleiros costeiros e os elementos de idade quaternária se dá através de um degrau abrupto, de altura variada.

Quanto à planície costeira, as feições geomorfológicas que a compõem foram englobadas pelo projeto RADAMBRASIL em uma única unidade denominada Complexo Deltaico, Estuarino e Praial, composto pelos modelados de acumulação flúvio-marinha, fluvial e marinha, terraço fluvial e terraço marinho. Compõem a área que se estende desde o início dos tabuleiros costeiros até a linha de praia, penetrando para o interior através dos cursos fluviais, formando vales largos de fundo chato preenchidos por sedimentos diversos, assumindo extensões significativas principalmente nos vales fluviais dos rios Doce e São Mateus (MENDONÇA, 1997).

A planície costeira é constituída de sedimentos litorâneos arenosos e depósitos areno-argilosos fluviais, além de zonas baixas com turfa. É cortada por dezenas de cursos d'água, dos quais os rios Doce e São Mateus desempenharam os papéis mais importantes na sedimentação quaternária. A formação desta planície está ligada às oscilações do nível do oceano no Quaternário, que possibilitou a formação de depósitos marinhos, depósitos lagunares e depósitos fluviais (MENDONÇA, 1997).

Pode-se dizer que existem dois níveis de terraços marinhos depositados após épocas em que o nível do oceano esteve mais alto que o nível atual. Os primeiros terraços, com cerca de 120.000 anos, formam o sopé das escarpas mortas da Formação Barreiras. Os terraços marinhos mais recentes, com cerca de 5.100 anos encontram-se entre 4 e 5 metros acima do nível atual do mar e acompanham a linha de costa (MENDONÇA, 1997). A maior parte da planície costeira, situada entre os dois terraços e os sedimentos da Formação Barreiras é atualmente ocupada por uma zona pantanosa.

4.1.13 Solos

Os solos são em grande parte hidromórficos (fig. 8), dentre estes predominando os orgânicos, com pH muito baixo, dado principalmente pela presença de ácidos orgânicos, proveniente da degradação parcial de compostos orgânicos (MENDONÇA et al., 1997). Também são registradas as ocorrências de solo podzólico, areias quartzosas marinhas e solos aluviais.

Os solos hidromórficos são aqueles nos quais as restrições impostas pela influência de água se fazem sentir com muita intensidade. São desenvolvidos sob influência de nível freático próximo à superfície ou mesmo na superfície pelo menos durante certas épocas do ano, evidenciada pela acumulação de matéria orgânica na superfície ou pela presença de cores cinzentas nos horizontes subsuperficiais, indicando ambientes redutores.

Na área de estudo existem os seguintes tipos de solos hidromórficos:

- Solo Orgânico;
- Glei Húmico e Glei Pouco Húmico;
- Areias Quartzosas Hidromórficas.

4.1.13.1 Solos orgânicos

São solos com seqüência de horizontes A-C ou A-Cg, sendo o horizonte A turfoso, com mais de 40 cm de profundidade. Aparecem em uma larga faixa de terra alagada da região do Suruaca/Pontal do Ipiranga, onde a acumulação lagunar foi mais expressiva, dividindo aí posições com os Glei Húmico e Glei Pouco Húmico, ocupando locais onde a camada orgânica superficial é mais espessa.

A ocupação do solo predominante é com pastagens. Demonstram alta produtividade devido à proximidade da superfície freática e aos teores de elementos suficientes para permitirem boa nutrição das gramíneas utilizadas. As águas drenadas das regiões destes solos possuem coloração escura, dada pela presença de compostos orgânicos provenientes da degradação e liberação do horizonte A orgânico (MENDONÇA et al., 1997).

Análises efetuadas por MENDONÇA et al. (1997) revelaram altos teores de elementos e matéria orgânica neste tipo de solo, o que justifica a boa produtividade das pastagens da região, bem como pH muito baixo (menor que 5), dado principalmente pela presença de ácidos orgânicos, proveniente da degradação parcial de compostos orgânicos.

A maior limitação de uso para estes solos é o nível freático próximo à superfície, o que obriga a sua drenagem para viabilizar a sua utilização agrícola.

4.1.13.2 Glei húmico e glei pouco húmico

Apresentam horizonte gleizado, com espessura de 15 cm ou mais. Trata-se de um horizonte fortemente influenciado pelo nível freático e regime de umidade redutor, virtualmente sem oxigênio livre em razão da saturação de água.

Os Glei Húmico se diferenciam dos Glei Pouco Húmico por apresentarem horizonte A Proeminente ou Turfoso, enquanto estes apresentam horizonte A Moderado (MENDONÇA et al., 1997).

Na área em estudo aparecem nas regiões de sedimentação lacustre, onde acumulou material de granulometria fina em ambientes redutores originando o horizonte gleizado.

Estes tipos de solo são mais férteis que a média dos solos observados na região (MENDONÇA et al., 1997). As limitações de uso destes solos são as mesmas apresentadas pelos solos orgânicos, isto é, presença de nível freático próximo à superfície, o que obriga a sua drenagem para viabilizar a sua utilização agrícola.

4.1.13.3 Areias quartzosas hidromórficas

No meio dos cordões arenosos formam-se áreas de cotas mais baixas, onde o acúmulo de água provocou hidromorfismo e conseqüente formação de um horizonte A, com elevados teores de matéria orgânica, sobre horizonte C arenoso, formado através de acumulação marinha, originando as areias quartzosas hidromórficas (MENDONÇA et al., 1997).

Estes solos possuem uma forte aptidão conservacionista originada na dificuldade de sua utilização devido ao acúmulo de água, o que fez com que a vegetação sobre eles se mantivesse, formando ilhas preservadas no meio de amplas áreas devastadas, onde a fauna local encontra abrigo.

As dificuldades de utilização deste solo estão ligadas principalmente ao excesso de água nos horizontes superficiais.

4.1.13.4 Podzol

Os solos podzólicos compõem a maior parte dos solos da área sobre a litologia do Grupo Barreiras (MENDONÇA et al., 1997). Apresentam horizonte B textural (Bt), acompanhado por uma diminuição nos teores de areia total, apresentando diferenciação textural abrupta por volta de 25 a 35 cm de profundidade.

Segundo ZANGRANDE, REZENDE e RESENDE (1987), a maior parte da água disponível para as plantas nestes solos encontra-se a baixas tensões. Possui baixa capacidade de infiltração e baixo coeficiente de permeabilidade nos sub-horizontes, o que pode ocasionar a instalação de processos erosivos, sobretudo nos locais de maiores declives.

- Baixo pH e concentração de nutrientes;
- Baixa capacidade de troca catiônica;
- Grande diferença textural entre os horizontes;
- Baixa capacidade de retenção de água no horizonte superficial.

4.1.13.5 Areias quartzosas marinhas

São solos profundos que apresentam sequência de horizontes A-C ou A-Cg com pequena variação de cor no perfil, textura arenosa, excessivamente drenados, com permeabilidade rápida em todo o perfil e consistência solta quando úmido.

Apresentam baixos teores de base trocáveis, com exceção do horizonte superior, onde os teores se elevam em virtude da reciclagem de nutrientes e da presença de matéria orgânica (LANI, 1987). Estão presentes ao longo do litoral de toda a área de estudo.

4.1.13.6 Solos aluviais

Nas áreas de tabuleiro, os vales são encobertos por solos aluviais, conforme pode ser muito bem observado em cursos de menores dimensões, como no córrego do Macaco e Água Limpa.

4.2 MEIO BIÓTICO

ZAMPROGNO, PEREIRA e GOMES (1997) citam que a área é formada em sua grande maioria por áreas de pastagens e brejosas, com remanescentes de mata em alguns pontos.

A ação do homem está presente por toda a área. Os fatores bióticos que podem impactar a qualidade das águas estão ligados ou à ação antrópica (caso do gado bovino existente) ou associados às condições físicas naturais da área (caso da vegetação de turfa).

4.3 MEIO ANTRÓPICO

O meio antrópico merece destaque basicamente pela interação que as atividades econômicas exercidas pelo Homem têm com a qualidade das águas. O modo como ele usa e ocupa o solo traz subsídios fundamentais no estudo das águas, notadamente quanto às suas características físico-químicas.

PERIM et al. (1997), ao estudarem o uso e a ocupação dos solos da região, indicam que os principais usos industriais do solo na região dizem respeito às unidades de exploração, extração, purificação e transporte de petróleo e gás. Em termos de ocupação da área, porém, a principal atividade é a agropecuária, fundamentada em quatro culturas principais, quais sejam: pecuária, eucalipto, café e cacau.

Observa-se que a planície costeira da área de estudo é amplamente dominada pela atividade pecuária (anexo I) com a presença expressiva de cultivos sombreados de cacau nas proximidades do Rio Doce e de vegetação de restinga nas proximidades da costa atlântica. Tudo entrecortado por áreas alagáveis, alagadas e lagoas.

Ainda de acordo com PERIM et al. (1997), na região dos tabuleiros dominam a cultura do eucalipto, pastos e o cultivo de café, com a presença significativa de milho, feijão e florestas naturais.

Estes mesmos autores citam que a região apresenta condições de relevo e de ocupação que resultaram numa estrutura fundiária extremamente concentrada comparada com outras áreas do Estado do Espírito Santo. Os estabelecimentos maiores que 1.000 ha têm na região de Linhares uma maior participação em termos de números e área (PERIM et al., 1997).

Os espaços mais planos, que ocupam praticamente toda a região até chegarem à costa, são extremamente propícios às culturas altamente mecanizadas e de grandes estabelecimentos. Nestas áreas, salvo algumas exceções, observa-se o predomínio dos estabelecimentos grandes e muito grandes. São nestes espaços planos que se verifica a marcante presença das atividades de eucalipto e de pecuária (PERIM et al., 1997).

5 ATIVIDADES ECONÔMICAS NA ÁREA

Apesar dos vários meios pelos quais a presença do Homem pode trazer impactos para uma região, como visto no capítulo 2, observa-se que a área de estudo é impactada principalmente pelas atividades econômicas presentes, e não pelo descarte inadequado de matéria orgânica ou de resíduos domésticos.

Esta observação provém do fato de que os valores de média das concentrações lidas de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e de oxigênio dissolvido (OD) na área em estudo, conforme tabela 3 (capítulo 6), correspondem aos de uma classe de água intermediária entre Classe 2 e Classe 3 da classificação da Resolução CONAMA 20/86 (BRASIL, 1986b).

MENDONÇA et al. (1997) indicam um grande número de violações para OD, quando compara este parâmetro com o estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para as águas de Classe 2. No entanto, como ver-se-á mais ao fim deste trabalho, melhor seria comparar os resultados obtidos com o definido como sendo água de Classe 3 da citada Resolução.

Os valores de DBO e OD, relativamente em conformidade com a legislação, permitem supor que a área ou recebe pouco impacto causado por despejo de matéria orgânica ou tem boas condições de aeração. Trata-se de uma área fracamente povoada, visto que os principais aglomerados da região são as sedes dos municípios de Linhares e de São Mateus, cujos esgotos são descarregados em outras sub-bacias e não na sub-bacia do Rio Barra Seca. Sendo muito pouco povoada, a contribuição para alteração da qualidade da água advinda de lançamento indevido de esgoto ou de resíduos domésticos pode ser caracterizada como secundária.

Embora seja área de atividade pecuária, é uma pecuária extensiva (cerca de uma rês por hectare – ALBERGARIA, 2000), não devendo gerar grande quantidade de matéria orgânica (em relação à área) proveniente de excrementos animais. Quanto à aeração, MENDONÇA et al. (1997) caracterizam-na como uma área com fluxo de água muito lento e que dificulta a aeração.

Desta forma, é lícito supor que os valores lidos de OD e DBO sejam devidos à pouca entrada de matéria orgânica, e que a presença humana na região se faz sentir mais pelas atividades econômicas, no que diz respeito à qualidade das águas.

As principais atividades presentes na região de estudo, conforme Anexo I, são a pecuária, o plantio de eucalipto, de café, de cacau e de cana. Junto a estas atividades, encontra-se a produção de petróleo (inclui a perfuração de poços), com seus poços em produção, oleodutos e gasodutos.

A atividade de exploração e produção de petróleo não consta no mapa de uso de solo pois ocorre em áreas de terceiros, de forma pontual, em meio às atividades acima elencadas. A indústria petrolífera no norte do Espírito Santo, na região de estudo, resume-se a cerca de 150 poços em produção (novembro de 1999), ocupando, no total, uma área de cerca de 75 hectares da região, a qual abrange 130.000 ha.

5.1 EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

A atividade de exploração e produção de petróleo gera, além de resíduos domésticos e industriais em geral, dois resíduos que se notabilizam pela quantidade gerada, que são os cascalhos originados da atividade de perfuração e aqueles correspondentes à água produzida ⁴.

⁴ Água produzida: água subterrânea, normalmente com alta salinidade, que se encontra na mesma rocha-reservatório que contém petróleo, vindo com ele associada quando da extração de petróleo.

Os resíduos sólidos são gerenciados por meio do Plano Diretor de Resíduos (PG-26-0028), padrão integrante do Sistema de Gestão Integrada de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) da E&P-ES, unidade com a certificação ISO 14001.

A água produzida, embora por vezes corresponda a mais de 90% do petróleo extraído, é reinjetada no reservatório de origem ou a grandes profundidades (maiores do que 600 metros), seguindo as diretrizes da ASSOCIAÇÃO REGIONAL PETROLÍFERA LATINO-AMERICANA (1992), não trazendo impactos ao aquífero doce.

A perfuração de poços de petróleo envolve um risco de poluição ambiental, seja devido aos aditivos utilizados no fluido de perfuração seja pela possibilidade em trazer à superfície águas subterrâneas confinadas, com sua composição química pouco conhecida.

Este risco é devido à forma como o descarte do resíduo proveniente da perfuração tem sido realizado. O resíduo, cascalho coberto por película de fluido de perfuração e o próprio fluido, é, na região de estudo, descartado em diques de contenção, que são nada mais do que escavações feitas em terreno argiloso para receber o resíduo ou, em caso de terreno arenoso com nível freático muito próximo à superfície, de simples cordões de areia dispostos como na figura 9, visando o não espalhamento do fluido para a área vizinha. Os diques assim construídos não recebem nenhum tratamento impermeabilizante.

Os aditivos para os três tipos de fluido de perfuração utilizados pela Petrobras no Espírito Santo (convencional, à base de cal e NaCl com polímeros) são os seguintes: bentonita, baritina, soda cáustica, carboximetilcelulose (CMC), amido, sal (NaCl), mica, barrilha (Na_2CO_3), calcita e espersene (lignosulfonato de ferro e cromo) (HILTON, 2000).

Destes, apenas a bentonita e a soda cáustica são sempre utilizados, independentemente do fluido, e em todas as fases da perfuração de um poço, sendo os que ocorrem em concentrações mais elevadas no fluido de perfuração. A baritina também se constitui em um produto muito utilizado na perfuração de poços de petróleo.

FIGURA 9 - DIQUE DE POÇO DE PERFURAÇÃO DE PETRÓLEO



Um outro problema advindo da perfuração de poços é que o dique de contenção de cascalho e fluido de perfuração pode acabar por receber óleos e graxas provenientes dos equipamentos que compõem a sonda de perfuração. Embora a água de lavagem da sonda, bem como as águas pluviais, seja drenada para um separador água/óleo, antes de ser descartada no dique, um eventual funcionamento ineficaz do separador pode permitir que haja contaminação do dique por óleos, graxas ou fenóis. A ineficácia pode ter várias causas, a mais comum ocorrendo quando há grande precipitação pluviométrica na área, fazendo com que o separador, por seu dimensionamento, não evite a passagem de parte dos contaminantes para o dique.

5.2 ATIVIDADES AGROPASTORIS

As atividades agropastoris podem alterar a qualidade das águas principalmente pelo uso de agrotóxicos, fertilizantes minerais e pelos excrementos do gado presente.

5.2.1 Pecuária

A atividade pecuária pode impactar a qualidade das águas por contaminação proveniente de excrementos animais ou pela aplicação de produtos para controle de pragas e doenças.

Considerando-se os parâmetros analisados, os excrementos animais poderiam estar associados ao teor de cloretos, devido à relação direta existente entre cloretos e coliformes fecais (CHAPMAN; KIMSTACH, 1992). No entanto, a baixa entrada de matéria orgânica verificada na área exclui esta origem para os cloretos, não sendo aqui considerada esta hipótese.

No manejo da pecuária, conforme SECUNDINO (1999), são muito utilizados herbicidas para combater as plantas daninhas que ocorrem nos pastos. Deles, os mais utilizados pelos fazendeiros são o Roundup®, o Tordon® 2,4 D e o U46®.

Roundup® é um sal de isopropilamina de glifosato, com alta solubilidade em água e toxicidade para peixes muito baixa (COOK et al., 1998), da mesma forma que o Tordon 2,4 D® (um sal de dimetilamina). As características químicas desses dois produtos permitem dizer que não devem trazer, diretamente, alterações na qualidade das águas quanto aos parâmetros analisados.

O U-46® são ésteres ou sais de amins de ácidos fenoxílicos, sendo que os ésteres são mais voláteis que as amins (COLVIN, 1999). Por serem os ésteres mais ativos que as amins, há um predomínio no uso de ésteres do ácido fenoxílico, favorecendo a contaminação pelo ar. Apesar de, em termos gerais, a contaminação por herbicidas ser atenuada pelos efeitos de diluição, retardação ou eliminação que ocorrem principalmente no solo e em zona saturada, são justamente os herbicidas fenoxílicos os que têm sido encontrados nas águas subterrâneas em níveis que causam preocupação (CHILTON, 1992). A região estudada é propícia a este fato, pois a espessura de solo é pequena e o nível freático é muito raso, o que prejudica a ação de atenuação.

Como são compostos orgânicos derivados do fenol, deve-se averiguar a possibilidade de terem influência nas concentrações encontradas para fenóis, pela degradação microbiológica que pode ocorrer (McNEELY; NEIMANIS; DWYER, 1979) e também devido à hipótese de contaminação durante o processo de fabricação.

Um outro tipo de impacto que a atividade pecuária traz à região estudada em particular é que ela se desenvolveu sobre área alagada. No processo de ocupação das terras, muitos canais de drenagem foram (e têm sido) abertos, boa parte deles com o apoio do próprio governo (PERIM et al., 1997). Estes canais, abertos em região com muita turfa, e de ambiente redutor, conforme caracterizado em MENDONÇA et al. (1997), podem provocar a acidificação das águas, pois, devido aos radicais carboxílicos e fenólicos, o H^+ é sempre um elemento em potencial nestes solos.

A ocupação destes solos orgânicos, se ricos em sulfetos (o mais comum é a pirita), também pode causar problemas na qualidade das águas. Estes solos costumam formar-se em áreas inundadas costeiras ou em lagos (ROMIJN, 1986), e a aeração durante ocupação e drenagem causa oxidação de sulfetos para sulfatos.

Sendo rica em radicais fenólicos, há a possibilidade de que fenol detectado nas análises de águas seja oriundo da própria turfa.

5.2.2 Plantio de Eucalipto

No plantio de eucalipto, faz-se o controle tanto de plantas daninhas quanto de insetos, notadamente formigas, e fungos (LEAL, 1999). O uso de fungicidas se dá nos viveiros e nas áreas de fomento, ao passo que os herbicidas e formicidas são utilizados indistintamente por toda a área de plantio. Para as plantas daninhas, os produtos mais utilizados são o Roundup® e o Scout® (LEAL, 1999). O Scout® tem as mesmas características do Roundup®.

Segundo LEAL (1999) e BOARETTO e FORTI (2000), os formicidas mais utilizados são sulfluramida (organoclorado) e clorpirifós (organofosforado). É improvável, de acordo com a Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) que o uso da sulfluramida (cujo nome comum é mirex) altere a qualidade das águas (ATSDR), devido à sua baixíssima solubilidade. O mesmo ocorre com clorpirifós, que é também facilmente adsorvido pelo solo (INFORMATION VENTURES, 1995).

5.2.3 Plantio de Café

De acordo com SOARES (1999), os agrotóxicos mais utilizados na cultura cafeeira são os à base de enxofre, com o princípio ativo endosulfan (pesticidas organoclorados, segundo McNEELY; NEIMANIS; DWYER, 1979, tabela 4), que é um éster do ácido sulfuroso.

Apesar de não se ter buscado informações específicas a respeito do uso de fertilizantes nesta cultura, é sabido que é uma prática comum (e até necessária) a utilização deles para melhorar a produtividade dos solos, conforme item seguinte.

5.2.4 Plantio de Cana-de-açúcar e de Cacau

Para estas culturas é utilizada a formulação N-P-K, sendo que cerca de 60% dos produtores utilizam o formulado 13-35-10, que corresponde a 20% de sulfato de amônia, 20% de P_2O_5 e 60% de KCl (FULIM, citado por ALBERGARIA, 1999). Com este formulado, é possível que haja algum impacto na qualidade das águas quanto aos parâmetros ora em estudo, notadamente cloretos, sulfatos e os metais associados ao fósforo.

Quanto aos produtos agroquímicos (agrotóxicos) utiliza-se, para o controle de certas pragas, como trips e vaquinha, o Malatol ou Malathion ($C_{10}H_{19}O_6S_2$), conforme FULIM, citado por ALBERGARIA (1999).

O Malatol contém uma série de impurezas que fazem com que não perca rapidamente seu poder de contaminação (JOURNAL OF AGRICULTURAL FOOD CHEMISTRY ⁵, citado por SINCLAIR e PRESSINGER, 2000a). Além disso, a sua quebra em estruturas menos complexas gera novos produtos químicos ainda mais tóxicos que o Malatol (BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION TOXICOLOGY ⁶, citado por SINCLAIR e PRESSINGER, 2000b).

⁵ JOURNAL OF AGRICULTURAL FOOD CHEMISTRY (1977). [S.l.], v. 25, n. 4, p. 946-953.

⁶ BULLETIN OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION TOXICOLOGY (1996). [S.l.], n. 57, p. 705-712.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foram trabalhados os dados referentes às análises de águas superficiais e subsuperficiais encontradas nas pesquisas desenvolvidas por MENDONÇA et al. (1997) na região, que englobaram uma área situada entre a região da Vila de Regência (foz do Rio Doce) e Itaúnas, no norte do Espírito Santo. Para o presente estudo foram utilizados apenas os dados que indicam a qualidade das águas na região da Várzea Litorânea do Suruaca.

Isto porque, além de limitar o estudo a uma sub-bacia hidrográfica (a do Rio Barra Seca), representa a região onde a Petrobras vislumbra uma manutenção, ou até aumento, de suas atividades de exploração e produção de petróleo no continente, visto que as áreas ao norte (região de Itaúnas) e ao sul (região de Regência) não têm sido mais pesquisadas pela Petrobras.

O estudo de MENDONÇA (1997) teve por referência as atividades da Petrobras na região. Desta forma, pontos de montante são os situados a montante da área de influência direta da Petrobras e pontos de jusante são os situados à jusante da área.

Alguns dados de MENDONÇA et al. (1997) foram descartados, pois ou não foi possível identificar seus correspondentes pontos de amostragem em mapa, ou então porque aquele trabalho deixava incerto de que ponto de amostragem estava se tratando, visto que ocorreram alguns casos de alteração de nome entre a primeira campanha e a segunda. No primeiro caso estão os pontos de montante 2 e 42 e os de jusante FC-25, 540 e RIB-01; no segundo caso encontram-se os designados por 03, canal dren. 3, canal dnos-3, poço 03 e poço 3 (todos de jusante).

Nos casos em que, pela descrição das anomalias contidas em MENDONÇA et al. (1997), pôde-se concluir que determinados pontos com nomes diferentes representavam o mesmo ponto, o dado foi considerado. Assim, tem-se que 96 e Dique FC são o mesmo ponto, assim como FC 02 e Canal DNOS 2, 543 e LS-S.

A localização dos pontos encontra-se na figura 10. No total, foram utilizados 19 pontos de montante e 22 de jusante.

Pontos a montante: 58, 57, 52, 51, 50, 49, 94, Poço 02, Poço 01, 15, Poço 03, 32, 48, 22, 01, Poço 09, CMA, CG 01, 21. Pontos a jusante: 541, 537, 53, 538, 31, 542, 96 (Dique FC), 06, FC 02 (Canal DNOS 2), 543 (LS-S), Poço 08, 05, 33, 65, Poço 07, 04, Poço 05, Poço 06, 30, LB 03 (fundo), DS e 34.

Como já citado na página 16, os parâmetros analisados foram determinados pelo órgão de controle ambiental, não sendo escopo deste trabalho discorrer sobre a validade ou não da escolha dos mesmos.

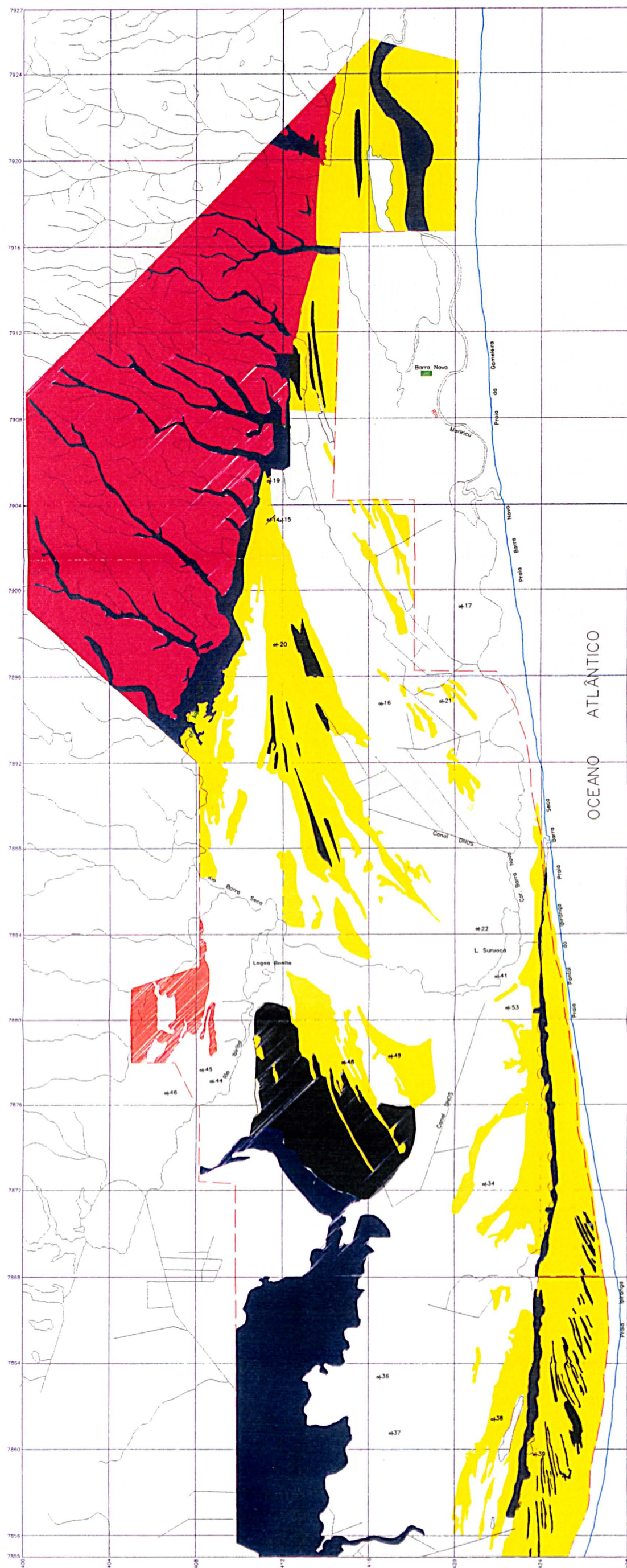
Os resultados das análises químicas (tabela 2) foram trabalhados utilizando-se o software EXCEL[®], de forma a determinar a concentração média de cada parâmetro, a montante e a jusante, porém sem nenhum tratamento estatístico, devido à pequena quantidade de dados (somente duas análises de cada parâmetro por ponto, correspondendo às duas campanhas executadas – uma em setembro e outra em dezembro de 1996)

Os parâmetros analisados foram bário (Ba^{++}), ferro solúvel (Fe^{++}), zinco (Zn^{++}), cádmio (Cd^{++}), chumbo (Pb^{++}), fenóis, turbidez, sulfatos (SO_4^{-2}), cromo hexavalente (Cr^{+6}), mercúrio (Hg^{+}), óleos e graxas, salinidade, OD, Cl^{-} , DBO, pH, cor e prata (Ag^{+}).

A tabela 3 apresenta as concentrações médias destes parâmetros, a partir das leituras registradas na tabela 2, em pontos de monitoramento situados a montante e a jusante de instalações de exploração e produção de petróleo. A análise da tabela 3, em conjunto com os dados representados pelos gráficos das figuras 11a e 11b, permite tecer algumas considerações, apresentadas a seguir.

Os parâmetros, zinco, turbidez, cromo hexavalente, DBO, óleos e graxas, pH e prata não apresentaram anomalias, estando com a média das concentrações verificadas nos pontos de montante próximas à média das observadas nos de jusante. Ambas as médias se situaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

FIGURA 8 – MAPA DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO



LEGENDA:

- Linha de costa
- Hidrografia
- - - Limite da área de estudo
- Vila
- Areia quartzosa
- Solos orgânicos + Gleihúmico + Gleipouco húmico
- Areia quartzosa hidromórfica
- Podzol
- Podzóico vermelho amarelo + Latossolo
- Solos aluviais
- ⊕ Ponto de amostragem

ESC.: 1/200.000

FONTE: MENDONÇA (1997)

TABELA 2 - LEITURAS DE CONCENTRAÇÕES DE PARÂMETROS EM POÇOS/PONTOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE E A JUSANTE DE INSTALAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

	Cr ⁽¹⁾		DBO		O e G		pH		Ag		Turbidez ⁽¹⁾		Zn		Ba		Cd		Pb		Cl		Cor		Fenóis		Ferro solúvel		Hg		OD		Salinidade		Sulfatos	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
MONTANTE	58		2	2	0	0	4,8	6,9			1	1									23	21	273	280	0,003	0,005				3,2	2,6	0,01	0,01	9	17	
	52		2	4	0	0	4,8	6,5			5	7									148	59	515	367	0,001	0,004				4,6	2,2	0,4	0,1	0,1	34	
	51		2	5	0	0	4,6	6,2			23	5									173	49	195	350	0,001	0,001				5,5	2,8	0,5	0,1	374	27	
	50		2	3	0	0	6,5	6,4			19	6									27	49	407	303	0,001	0,001				6	3,7	0,2	0,1	4	22	
	49		4	3	0	0	7,2	7,2			15	4									62	265	414	287	0,001	0,002				5,2	2,5	0,2	0,3	3	43	
	94		4	1	0	0	4,7	3	0,001	0,001	7	7	0,17	0,1	0,02	0,019	0,0005	0,0005	0,01	0,01	16	20	133	227	0,002	0,001	0,64	0,4	0,01	4,7	3	0,01	0,01	0,1	8	
	Poço 02		2	2	0	0	4,2	4,7	0,001	0,001	2	1	0,1	0,1	0,02	0,028	0,0005	0,0005	0,01	0,01	16	19	2	293	0,001	0,001	0,03	0,03	0,084	5,7	3,6	0,01	0,1	2	3	
	Poço 01		1	2	0	43	5,8	5,4	0,001	0,001	2	5	0,1	0,1	0,047	0,033	0,0005	0,0009	0,01	0,01	23	121	12	40	0,001	0,001	0,17	0,03	0,019	5	0,01	0,2	3	3	3	
	15		2	3	0	0	6,1	6,1	0,001		5	5	0,1		0,02		0,0005		0,01		21	24	179	183	0,003	0,001	0,04		0,01	3,5	2,3	0,01	0,01	9	0,1	
	Poço 03		2	8	0	0	6,7	6,5	0,001	0,001	30	16	0,14	0,19	0,055	0,028	0,0005	0,0005	0,01	0,01	48	52	211	213	0,009	0,001	0,69	0,17	0,01	0,01	3,2		0,2	0,1	0,1	0,1
	CMA 01		1	5	0	0	5,7	6,2	0,001	0,001	7	8	0,1	0,1	0,02	0,015	0,0005	0,0005	0,01	0,01	14	23	793	300	0,009	0,001		0,47	0,01	0,03	4,8	1,6	0,01	0,01	32	0,1
	CG 01		2	2	0	9	5,5	5,2	0,001	0,001	6	16	0,1	0,1	0,02	0,02	0,0008	0,0005	0,01	0,01	7	35	414	540	0,002	0,002	1,18	0,49	0,01	0,17	1,3	4,8	0,1	0,01	104	3
	32		2	2	0	15	7	7,1	0,001	0,001	7	66	0,1	0,1	0,024	0,02	0,0006	0,0005	0,01	0,01	77	60	87	300	0,001	0,001	0,03	1,65	0,01	0,01	8,9	3,4	0,2	0,1	53	11
57		2	4	0	0	6,1	6,6	0,001	0,001	24	14	0,1	0,1	0,02	0,054	0,0005	0,0005	0,01	0,01	22	24	162	377	0,001	0,001	1,27	0,34	0,01	0,01	2,9	7,4	0,1	0,01	24	4	
48		3	8	0	14	7,5	7	0,001		43	10	0,1		0,02		0,0005		0,01		363	102	587	580	0,01	0,001	0,03		0,01	6,7	6,9	0,6	0,2	175	27		
21		3	2	0	0	6,5	5,6	0,001	0,001	6	13	0,1	0,1	0,02	0,06	0,0005	0,0005	0,01	0,01	28	25	87	303	0,001	0,001	3,63	0,55	0,01	0,01	1,7	0,01	0,01	0,1	2		
22		4	8	0	0	3,3		0,001	0,001	2	41	0,14	0,1	0,14	0,067	0,0005	0,0005	0,01	0,01	113	48	28	373	0,003	0,001	0,69	1,83	0,01	0,01	6,4	2,9	0,3	0,1	222	18	
01		1	2	0	38	5,5	5,4	0,001		3	2	0,1		0,022		0,0005		0,01		25	22	257	410	0,001	0,001	0,47		0,027	2,5		0,1	0,01	48	6		
Poço 09		1	3	0	0	6,3	6,6	0,001		12	20	0,1		0,031		0,0005		0,01		28	40	71	117	0,001	0,001	0,5		0,01	4,5	4,3	0,1	0,1	10	12		
JUSANTE	541		1	1	0	0	6,6	6,5			4	5									59	250	143	137	0,002	0,004				5,2	2,2	0,1	0,01	2	0,1	
	537		4				5,6				3										28		450		0,001					0		0,01		2		
	53		1		0		6,2				8										76		198		0,001					5,8		0,2		57		
	536/A		6	3	2,6	0	6,1	6,4			3	1									28	24	335	240	0,001	0,023				4,1	5,5	0,01	0,01	4	0,1	
	31		2	10	0	0	3,4	6,7			2	15									98	73	45	2036	0,001	0,001				4,7	2,1	0,4	0,1	290	32	
	542		2	2	0	0	6,6	6,4			5	9									58	32	211	133	0,002	0,001				5	2,5	0,1	0,01	0,1	0,1	
	96		2	1	13	43	4,3	3,9	0,001	0,028	8	1	0,1	0,12	0,02	1,25	0,0005	0,075	0,01	0,32	798	9372	290	43	0,002	0,001	0,03	1,59	0,01	0,01	4,7	5,2	1,2	10	47	4
	06		2				6,9		0,001	0,001	15		0,1	0,1	0,023	0,02	0,0052	0,0006	0,02	0,01	228		881		0,001		1,2	2,36	0,01	0,66	6,1		0,5	96		
	FC-02		3	2	0		7,1		0,001		8	17	0,1	0,1	0,02	1,1	0,0013	0,0005	0,01	0,01	68	500	179	200	0,052		0,9	0,71	0,01	0,92	1,2		0,2	1,7	238	0,1
	543		1		16		6,5		0,001		3		0,1		0,02		0,0005		0,01		49		152		0,001		0,07		0,01	2,8		0,1		2		
	Poço 08		2	3	0	0	6,3	5,4	0,001		3	3	2	0,1	0,06		0,0005		0,01		45	125	12	33	0,003	0,001	0,23		0,01	5,6	2,6	0,1	0,3	0,1	7	
	05		1	1	0	0	6,5	6,9	0,023	0,001	4	4	0,1	0,1	0,13	0,02	0,014	0,003	0,03	0,01	700	110	126	667	0,017	0,001		1,93	0,01	0,01	5,6		1,2	0,8	434	155
	33		1	4	0	0	5,6	5,8	0,001		1	7	0,1		0,024		0,0005		0,02		23	28	355	240	0,001	0,001	0,84		0,01	0,6	3	0,1	0,01	0,1	0,1	
	65		1		2,4		7,3		0,001		31		0,1		0,053		0,02		0,03		243		476		0,001		0,26		0,013	6,5		0,6		24		
	Poço 07			2		0		4,2		0,001	4		0,1		0,019		0,0005		0,01		70		233		0,001		0,03		0,01		6,1		0,2		30	
	04		1	2	0	0	5,8	6,3	0,004	0,001	4	28	0,1	0,1	0,78	0,04	0,015	0,0006	0,04	0,01	1540	68	1378	733	0,001	0,001		0,62	0,01	0,01	5,8		3,1	0,2	469	5
	Poço 05		1	1	0	0	7,8	7,9	0,004	0,001	12	4	0,1	0,35	0,026	0,033	0,007	0,004	0,06	0,01	1548	560	15	50	0,003	0,001	0,05	0,14	0,01	0,06	4,3		2,3	1,6	282	273
	Poço 06		1	1	0	0	7,6	6,6	0,001		25	31	0,1		0,029		0,0005		0,01		50	55	94	30	0,001	0,001	0,03		0,01		4,7		0,1	0,1	7	10
	30		1	7	0	0	3	6,7	0,001	0,001	3	9	0,1	0,18	0,02	0,02	0,0019	0,0005	0,02	0,01	123	32	172	833	0,002	0,001	0,99	3,73	0,01	0,01	4,4	1,2	0,5	0,2	346	33
LB-03		9	8	2	14	5,5	6	0,001	0,001	11	29	0,11	0,1	0,03	0,14	0,0005	0,0005	0,01	0,01	30	36	633	280	0,001	0,025	0,65	1,79	0,01	0,01	0	1,4	0,01	0,01	10	2	
DS		5	3	0	0	7,8	6,3	0,001		9	5	0,1		0,056		0,0005		0,01	0,01	59	17	58	107	0,001	0,001	0,51		0,01	7,5	6	0,2	0,1	25	8		
34		2	5	0	0	5,6	5,9	0,001		3	1	0,1		0,02		0,0007		0,01		21	22	188	427	0,004	0	0,34		0,011	6,2	3,2	0,01	0,01	42	20		
ANOMALIAS	Sem anomalias	M: 5 em 38; J: 7 em 37; M: 16 em 38; J: 13 em 37 leitura																																		

TABELA 3 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS EM POÇOS DE MONITORAMENTO A MONTANTE E A JUSANTE DE INSTALAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

PARÂMETRO	MONTANTE	JUSANTE	RESOLUÇÃO CONAMA 20/86
Bário (mg/l)	0,04	0,15	1,0
Cádmio (mg/l)	0,0006	0,006	0,001
Chumbo (mg/l)	0,010	0,028	0,03
Cloretos (mg/l)	59	454	250
Cor (UC)	274	337	75
Cromo (mg/l)	<0,01	<0,01	0,05
DBO (mg/l)	2,8	2,8	< 5
Fenóis (mg/l)	0,0022	0,0044	0,001
Ferro (mg/l)	0,63	0,86	0,3
Mercúrio (mg/l)	0,022	0,077	0,0002
OD (mg/l)	4,2	4	> 5
Óleos e graxas (mg/l)	3,13	2,77	Ausentes
pH	5,8	6,1	6 a 9
Prata (mg/l)	0,001	0,001	0,01
Salinidade (%)	0,12	0,69	0,5
Sulfatos (mg/l)	33	78	250
Turbidez (UNT)	13	9	100
Zinco (mg/l)	0,11	0,12	0,18

FONTES: MENDONÇA et al. (1997), BRASIL (1986b)

NOTA: Dados trabalhados pelo autor.

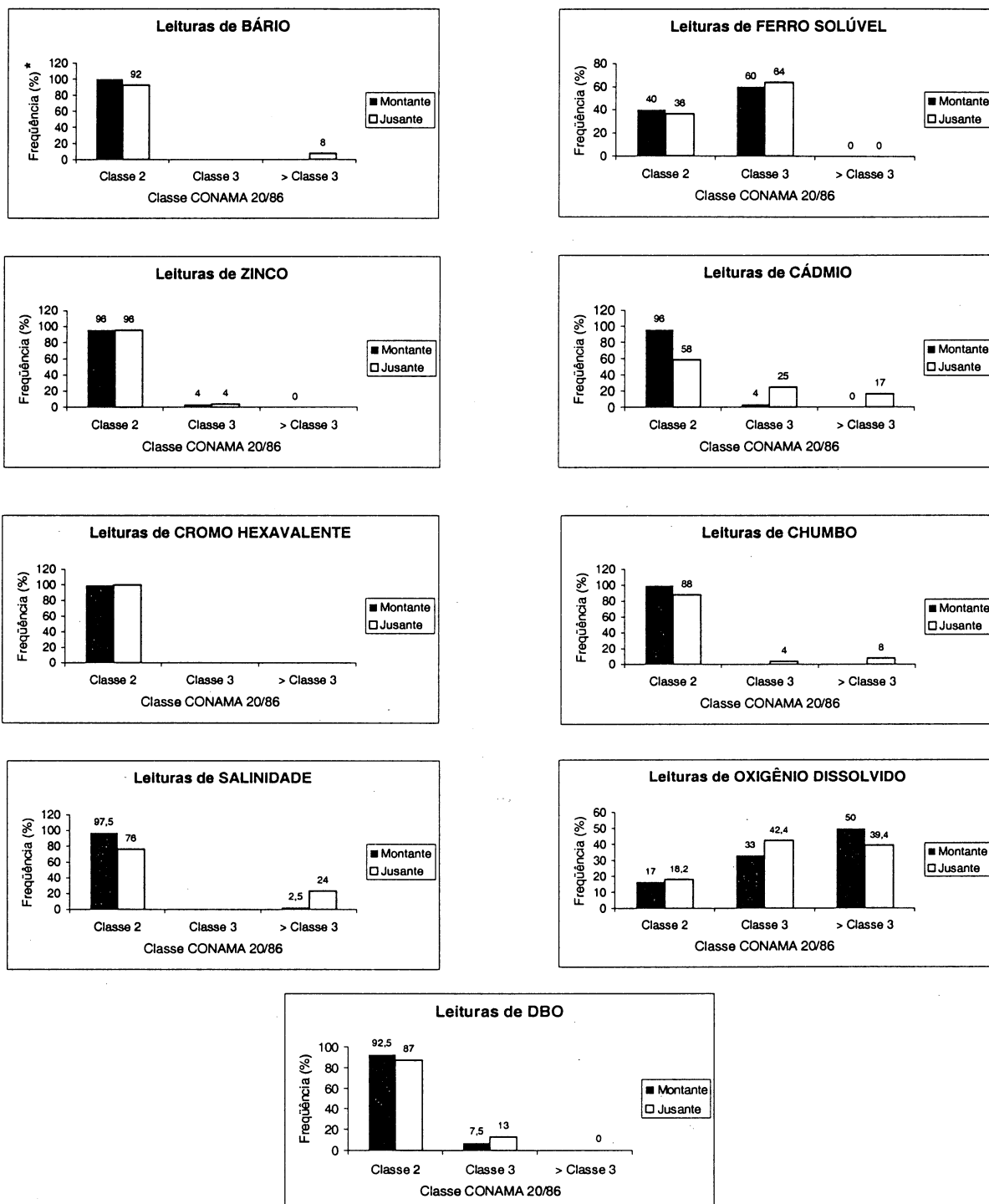
No caso do parâmetro prata, houve o registro de duas leituras anômalas em dois poços de jusante, mas que não foram consideradas no cálculo das médias. Isto porque estas leituras devem-se provavelmente a erros de leitura do laboratório, ou de manuseio da amostra, visto que fogem totalmente do padrão verificado para todos os outros poços.

Dos outros parâmetros, bário, chumbo e sulfatos também se enquadram na legislação, porém com concentrações a jusante em média maiores do que a montante.

Com média de concentrações a jusante maior que a média a montante tem-se também ferro solúvel, fenóis, mercúrio, cádmio, salinidade e cloretos.

A seguir, são tecidas algumas considerações sobre o parâmetro mercúrio, devido a problemas verificados no trabalho de MENDONÇA et al. (1997) quanto a limites de detecção.

FIGURA 11A - DISTRIBUIÇÃO MODAL DOS VALORES LIDOS NO EIA/RIMA DAS ATIVIDADES DA PETROBRAS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO.

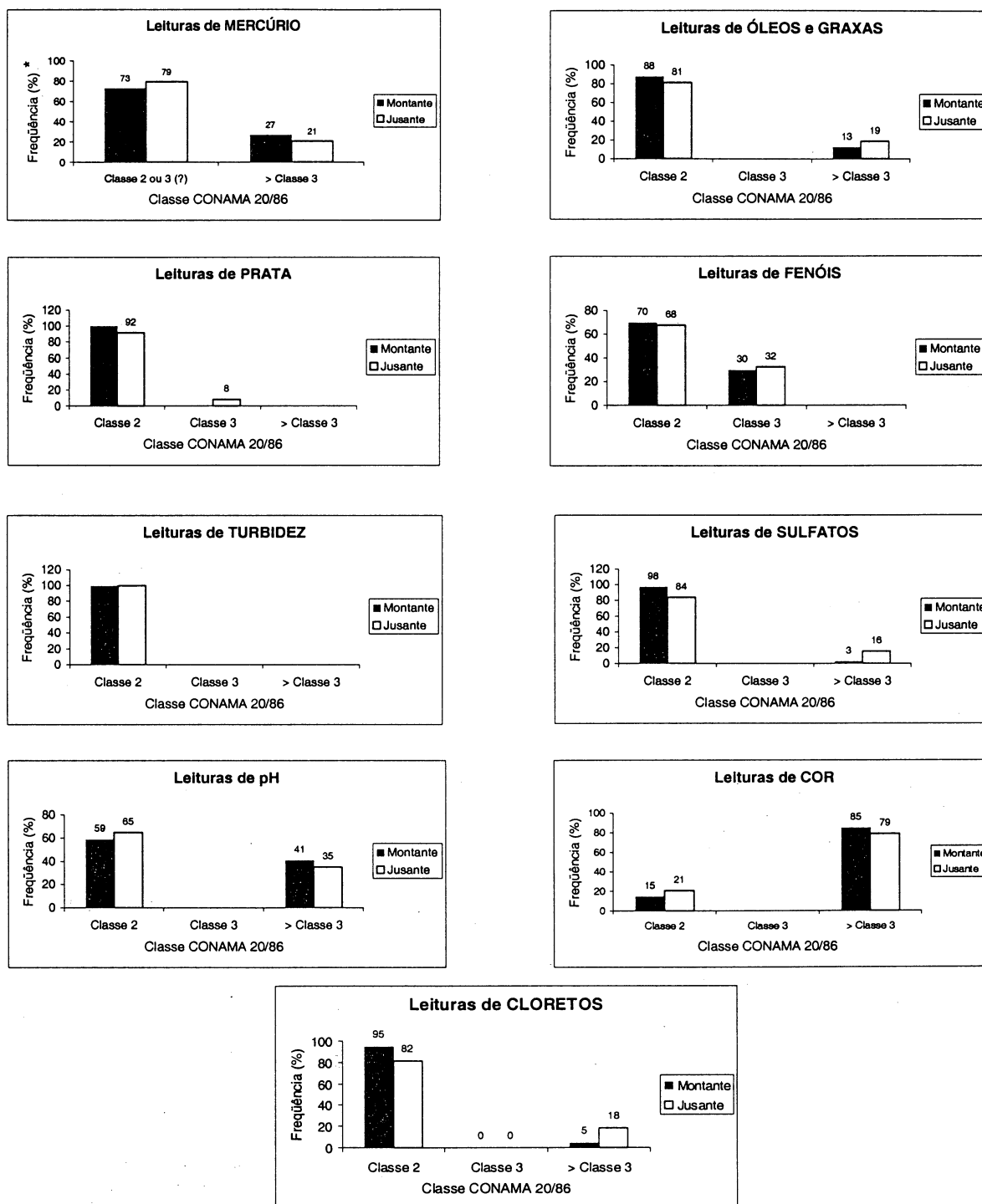


FONTE: MENDONÇA et al. (1997)

NOTAS: Dados trabalhados pelo autor.

* Frequências de observações satisfazendo limites para Classes 2 e 3 da Resolução CONAMA 20/86.

FIGURA 11B - DISTRIBUIÇÃO MODAL DOS VALORES LIDOS NO EIA/RIMA DAS ATIVIDADES DA PETROBRAS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO



FONTE: MENDONÇA et al. (1997)

NOTAS: Dados trabalhados pelo autor.

* Frequências de observações satisfazendo limites para Classes 2 e 3 da Resolução CONAMA 20/86.

O limite de detecção (0,01 mg/l) está muito acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 tanto para a Classe 2 (0,0002 mg/l) como para a Classe 3 (0,002 mg/l). Devido à ordem de grandeza da diferença de limites (50 vezes para Classe 2 e cinco vezes para a Classe 3), não há sentido em se comparar valores de jusante com montante, devido à imprecisão. Houve cinco violações em poços a montante, de um total de 24 amostras e cinco em poços a jusante, em também 24 amostras, indicando que a contaminação por mercúrio pode tratar-se de padrão regional. Pode, por outro lado, estar refletindo contaminações pontuais, devido ao grande número de poços que não apresentaram anomalias, ressalvados os limites de detecção.

Cor e OD apresentam média das leituras de valores em poços de jusante próxima à média de montante, e tanto a montante quanto a jusante estão acima dos limites legais, indicando a possibilidade de se tratar de padrões regionais, causados tanto pela interferência humana como por questões naturais. Neste trabalho não são analisadas as possíveis causas destas anomalias, pois não estão refletindo uma característica específica da área estudada.

Segundo ANDRIESSE (1988), a cor da água em regiões pantanosas contendo grandes quantidades de depósitos orgânicos é usualmente marrom ou preta, sendo estas águas costumeiramente muito limpas, ou seja, a cor usualmente é alta e a turbidez baixa. A característica coloração de café de água de turfeiras tem dado origem a muitos nomes de rios, por exemplo, o Rio Negro na Amazônia. MENDONÇA et al. (1997) tecem considerações análogas para os rios do Espírito Santo, Estado onde se encontram nomes de rios como Rio Preto, Córrego Água Preta, entre outros.

O presente trabalho é norteado, como antevisto, pelas diferenças de concentração a montante e a jusante, e pela legislação. Todos os resultados obtidos, não só em estudos pretéritos como neste, foram comparados com a legislação em vigor. Este enfoque legal é devido aos seguintes motivos:

- a) toda atividade econômica que traz impactos ao meio ambiente deve, em princípio, ser licenciada pelo órgão de controle ambiental. Este, ao analisar um pedido de licenciamento, pauta o deferimento da solicitação tomando por base a legislação, notadamente as resoluções CONAMA, as leis federais e as estaduais. Desta forma, o preconizado pela legislação é o mínimo a ser atendido;
- b) quando abrange a determinação de parâmetros máximos permitidos para lançamento/monitoramento de contaminantes, a legislação brasileira é já bastante restritiva, como mostra o quadro 2, igualando-se aos padrões dos países mais desenvolvidos e nos quais a preocupação coletiva com o meio ambiente é maior. Tal restrição faz com que, para certos parâmetros, não haja inclusive equipamentos e/ou métodos que permitam analisá-los no grau de resolução exigido pela lei, como indica parágrafo 2º do art. 12 da Resolução CONAMA 20/86 (BRASIL, 1986b): “Considerando as limitações de ordem técnica para a quantificação dos níveis dessas substâncias, os laboratórios (...). Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas...”.

Com esta visão, consideraram-se como anomalias os resultados obtidos para Ba, Fe solúvel, Cd, Pb, fenóis, SO_4^{-2} , Hg, salinidade e Cl^- .

6.1 PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

O principal potencial de impactos ao meio ambiente desta atividade é o descarte do resíduo proveniente da perfuração dos poços de petróleo.

QUADRO 2 - EXEMPLOS DE CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS PERMITIDAS DE INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA DIFERENTES USOS

PARÂMETRO	ORGANIZAÇÃO/PAÍS				
	Brasil ⁽¹⁾	OMS	CE	Canadá	EUA
pH	6-9	6,5-8,5	⁽²⁾ 6-9	⁽²⁾ 6,5-9	6,5-8,5
Turbidez (UNT)	100	5	...	5	1-5
OD (mg/l)	5	...	⁽²⁾ 5-9	⁽²⁾ 5-9,5	...
DBO (mg/l O ₂)	5	...	⁽²⁾ 3-6	...	...
Cloretos (mg/l)	250	250	...	250	250
Sulfatos (mg/l)	250	400	...	500	250
Bário (mg/l)	1	...	0,1	1	1
Cádmio (mg/l)	0,001	0,005	0,005	⁽²⁾ 0,0002-0,0018	0,01
Cromo (mg/l)	0,05	0,05	0,005	⁽²⁾ 0,02-0,002	0,05
Ferro (mg/l)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Chumbo (mg/l)	0,03	0,05	0,05	⁽²⁾ 0,001-0,007	...
Mercúrio (mg/l)	0,0002	0,001	0,001	⁽²⁾ 0,0001	0,002
Zinco (mg/l)	0,18	5	⁽²⁾ 0,03-2	⁽²⁾ 0,03	5
Óleos/graxas (mg/l)	0	...	0,01	...	...
Fenóis (mg/l)	0,001	...	0,0005	⁽²⁾ 0,001	...

FONTES: CHAPMAN e KIMSTACH (1992), BRASIL (1986b)

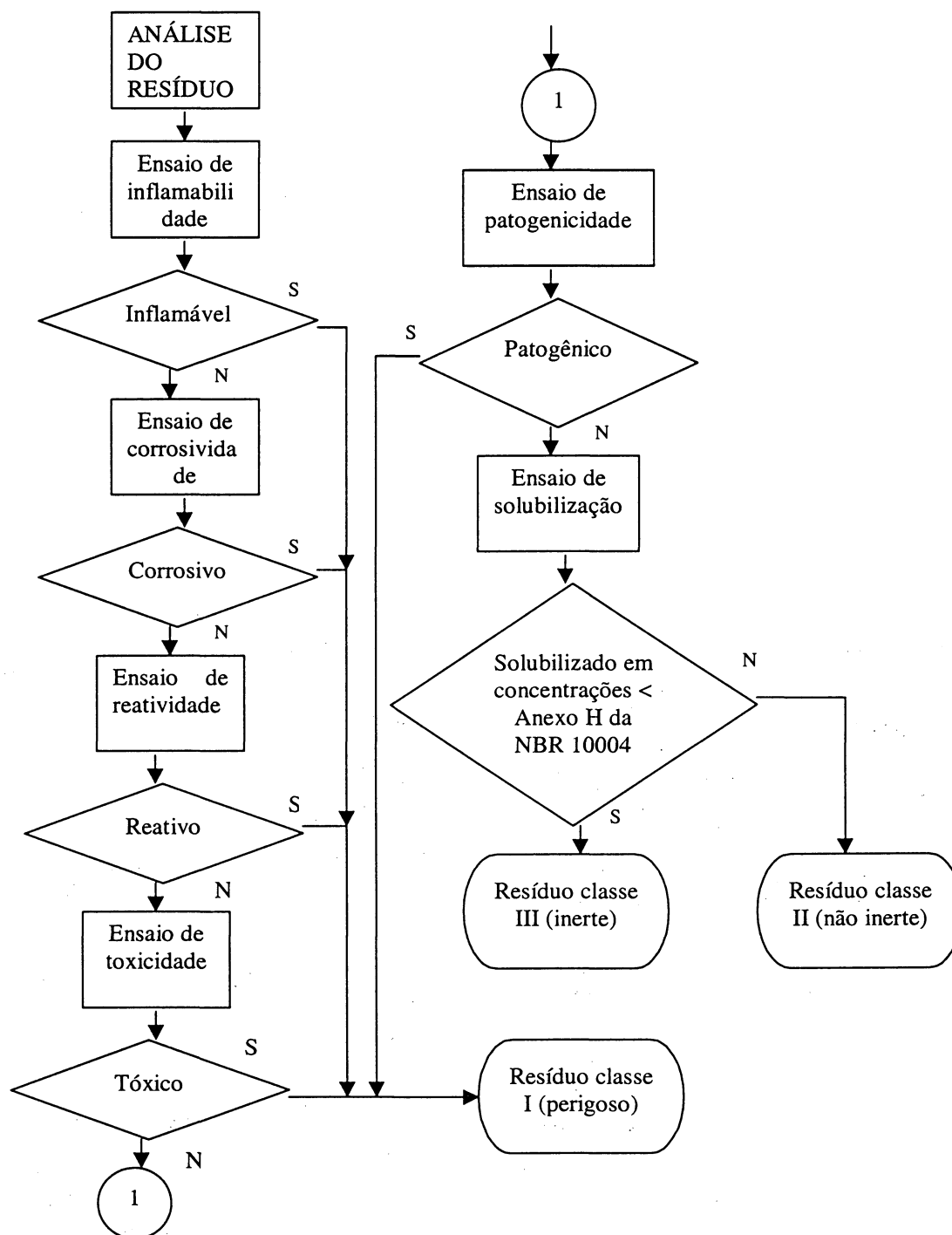
(1) Águas de classe 2.

(2) Padrão para as comunidades aquáticas; demais padrões são para água destinada ao consumo humano.

Embora ainda não haja, no Brasil, uma legislação voltada exclusivamente para a questão dos resíduos, é comum os órgãos de controle ambiental utilizarem-se dos parâmetros estabelecidos por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quando tratam deste tema, particularmente a Norma Brasileira (NBR) 10004 (ABNT, 1987a), que classifica os resíduos em três classes principais: Classe I – perigosos; Classe II – não inertes e Classe III – inertes.

Vários são os critérios utilizados para verificar a que classe o resíduo pertence: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. A figura 12 mostra um fluxograma para proceder à classificação de um resíduo. O presente estudo, porém, ateve-se apenas à toxicidade, pois é o único dos critérios que envolve os parâmetros ora analisados.

FIGURA 12 - CRITÉRIOS PARA ENQUADRAMENTO DE RESÍDUOS



FONTE: ABNT (1987a)

NOTA: Fluxograma elaborado pelo autor.

Como resíduo, a amostra é testada, via procedimentos explicitados na NBR 10005 (ABNT, 1987b), quanto à sua capacidade de liberar determinado elemento sob condições agressivas (lixiviação), as quais procuram simular as condições inadequadas mais comuns de deposição. Também é testada, desta feita por meio dos procedimentos da NBR 10006 (ABNT, 1987c), quanto à sua capacidade de se misturar com a água e liberar determinado elemento (solubilização).

Os resultados obtidos para resíduos são então comparados com os Anexos G (Listagem n. 7 - Concentração - Limite máximo no extrato obtido no teste de lixiviação) e H (Listagem n. 8 - Padrões para o teste de solubilização) da NBR 10004, o que permite caracterizar o resíduo como Classe I - perigoso, II – não inerte e não perigoso, ou III – inerte, conforme fluxograma da figura 12.

O Anexo I da NBR 10004, que traz o limite máximo permitido (LMP) na massa bruta de resíduo (MB), também pode ser utilizado como referência para caracterização de um resíduo.

Se o extrato obtido da amostra do resíduo apresentar valores de concentração de qualquer um dos contaminantes maiores do que o LMP, ele será considerado um resíduo Classe I. Se todos os valores obtidos por ensaio de lixiviação estiverem dentro do LMP, mas o filtrado obtido por solubilização apresentar algum parâmetro com valor acima do LMP, o resíduo será considerado como Classe II. Se todos os valores dos ensaios de lixiviação e de solubilização para os vários parâmetros estiverem abaixo do LMP, considera-se o resíduo como inerte.

Para testar a toxicidade do resíduo, coletou-se amostras de fluidos de perfuração de quatro poços que estavam sendo perfurados, bem como do resíduo (cascalho e fluido) descartado no dique.

Também foram coletadas amostras de resíduos em diques de poços perfurados antes de 1998.

A cada mudança na composição do fluido (que costuma ocorrer, no jargão petrolífero, a cada mudança de fase do poço) eram coletadas amostras tanto do fluido como do resíduo. A coleta era feita mais ao final de cada fase, com o intuito de se proceder uma amostragem representativa, visto que ao final o fluido atinge o máximo de homogeneização.

O fluido de perfuração foi coletado em bombonas de polietileno de alta densidade de dois litros cada. As coletas foram feitas na saída do tanque de preparo do fluido, antes do mesmo ser injetado no poço. As bombonas foram previamente lavadas com solução 1:1 de HNO_3 . Após a coleta, foi adicionado HNO_3 concentrado até se obter um pH menor do que dois. Estes procedimentos são estabelecidos pela Norma Petrobras N-1372 (PETROBRAS, 1996), baseada na norma NBR 9898 (ABNT, 1987d) e nos métodos da American Public Health Association (APHA, 1995) e da United States Environmental Protection Agency (EPA, 1992). As amostras assim preservadas foram enviadas para o laboratório Tecnologia e Controle Ambiental, na cidade de São Paulo.

Como o fluido termina por se constituir em resíduo, optou-se por analisá-lo de acordo com os ensaios de toxicidade previstos na NBR 10004 (ABNT, 1987a).

A característica do fluido de perfuração de ser um fluido denso, porém ainda no estado líquido, permitiu apenas que fossem realizadas análises de massa bruta, podendo assim ser confrontado com o Anexo I da NBR 10004 (ABNT, 1987a).

O resíduo contido no dique foi amostrado dividindo-se o dique em seis porções imaginárias. Em cada porção, foram retiradas amostras do fundo, do meio e da superfície, com auxílio de trado manual. Obteve-se, então, 18 amostras simples, que resultaram em uma composta. Esta amostra, contida em plástico transparente grosso de polietileno, foi enviada sob refrigeração para o laboratório TCA. As análises efetuadas foram ensaios de lixiviação, de solubilização e de massa bruta.

Os ensaios foram executados de acordo com as normas NBR 10005 (ABNT, 1987b) e NBR 10006 (ABNT, 1987c).

6.2 ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS

Subentende-se por atividades agropecuárias da região as culturas de eucalipto, de café, de cacau, de cana e a pecuária praticadas na região.

No capítulo 5, foi visto que a atividade agropecuária pode impactar a qualidade das águas tanto pela aplicação de pesticidas e fertilizantes como pelo fato de ela ter acarretado a abertura de canais de drenagem em uma região com muita turfa.

Para análise dos pesticidas e fertilizantes, comprou-se, em loja de produtos agropecuários de São Mateus, o herbicida U-46®, os formicidas Mirex-S® (mirex) e Lorsban® (clorpirifós), o inseticida-acaricida Thiodan®, (produto à base de endosulfan), o inseticida Malathion®, Adubo Pikapau® NPK e os fungicidas MANZAT 800®, BENLAT 500® e Kumulus-DF®.

A turfa foi coletada em áreas a montante de instalações da Petrobras (ver pontos de amostragem na figura 10). A região tem grandes extensões de solos orgânicos (incluindo turfa) em ambiente redutor.

Apesar de a turfa não ser um resíduo, os impactos que possivelmente ela recebe das atividades agropecuárias nela assentadas (aplicação de defensivos agrícolas e de fertilizantes) resulta em que, na prática, ela possa ser considerada como resíduo, e, assim, optou-se por executar nela os ensaios de lixiviação e de solubilização.

Foram coletadas três amostras compostas de turfa (fig. 13), cada uma correspondendo a todo seu perfil no solo, em pontos situados a montante de instalações de petróleo.

FIGURA 13 – COLETA DE AMOSTRA DE TURFA



Após etiquetadas, foram mantidas sob refrigeração até serem enviadas para análise nos laboratórios da Divisão de Química (DIQUIM) do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo M. de Mello (CENPES) da Petrobrás, especificando-se os ensaios a serem realizados e quais os parâmetros a serem considerados. Utilizou-se sacos plásticos de polietileno para contenção da amostra. Esta metodologia de coleta e preservação foi baseada na Norma NBR-10007 (ABNT, 1987e) aplicada a solo contaminado.

6.2.1. Liofilização

Em vista da toxicidade dos agrotóxicos líquidos (Lorsban®, Thiodan®, Malathion® e U-46®), eles foram primeiro liofilizados, para remoção do solvente à baixa pressão e temperatura, e depois tiveram suas cinzas analisadas, para avaliar suas composições quanto ao conteúdo de material inorgânico.

O método utilizado na liofilização é o método Petrobras/CENPES/DIQUIM 233.001.0, e é aplicado a emulsões, amostras termolábeis, polímeros, suspensões, produtos comerciais, amostras biológicas, soluções, ou qualquer outro tipo de amostra que contenha água em excesso, e que esta não possa ser retirada por métodos convencionais, como evaporação por calor ou destilação, desde que a amostra possa ser congelada.

A amostra é congelada em banho de gelo seco e acetona e depois submetida a vácuo. Ocorre então a saída de água por sublimação.

Os aparelhos e materiais utilizados são: 1 liofilizador L4Kr (Edwards), que contém tubos para balões, bomba de vácuo, condensador resfriado por expansão de freon e painel de controle, 1 balança analítica, banho refrigerador de gelo seco e acetona, balões de liofilização de 500ml, gelo seco, água destilada, detergente alcalino para micro-limpeza, acetona ACS, diclorometano ACS e acetona comercial.

O procedimento para análise consiste, primeiro, em limpar todos os recipientes e vidrarias com detergente para micro-limpeza e descontaminar com acetona e diclorometano; após, pesa-se o balão de vidro de 500ml vazio e também, com precisão de 0,01g, uma massa de amostra (Pa) entre 5 e 10g em balão de liofilização previamente seco em estufa.

A amostra é então congelada utilizando banho de gelo seco e acetona, girando o balão de modo que a amostra forme um filme o mais fino possível, o que facilitará a etapa posterior de retirada de água.

Deixa-se a amostra durante 5 a 10 minutos dentro do isopor com gelo seco para assegurar o congelamento total da amostra.

Verifica-se se as válvulas do tubo de balão estão fechadas (marca marrom transversal à tubulação) e liga-se o liofilizador, esperando-se 10 minutos para que a temperatura do condensador atinja -40°C .

Liga-se a bomba de vácuo e aguarda-se a pressão atingir 10^{-1}mbar . Adapta-se um a um os balões no liofilizador abrindo a válvula. Espera-se que a pressão atinja 4.10^{-1}mbar antes de adaptar o próximo balão.

Para tirar a amostra liofilizada, isola-se o balão do sistema e despressuriza-se a válvula correspondente.

Pesa-se o balão e anota-se o peso de resíduo (Pr). Após, transfere-se o sedimento liofilizado para um frasco de vidro limpo, descontaminado e rotulado, com capacidade de 50ml.

Repete-se a operação até que se obtenha duas pesadas consecutivas que não difiram em mais de 5% relativo.

O resultado é dado pela expressão: $ts = \text{Pr}/\text{Pa} \times 100$, onde ts representa o teor de sólidos em percentagem.

Os resíduos foram analisados por espectroscopia no infravermelho, sendo que as indicações dos fornecedores para o material ativo estão corretas.

Os resíduos de cinzas (material inorgânico) dos agrotóxicos líquidos foram analisados por fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX).

6.2.2 Fluorescência de Raios-X (FRX)

A FRX tem como objetivo a análise elementar da amostra, podendo ser utilizados diversos métodos de rotina no laboratório de RX do Setor de Química Inorgânica (SEQUIN) da Petrobras/CENPES/DIQUIM. A escolha do método depende basicamente da natureza da amostra, podendo ser quantitativo e/ou semiquantitativo.

É conhecido que os maiores desafios da utilização desta técnica para quantificar elementos são relativos às interferências da matriz sobre o analito. Assim, para uma análise quantitativa por FRX há necessidade de um conhecimento qualitativo e quantitativo da amostra problema. Com essas informações são escolhidos padrões adequados e, a partir desta escolha, os padrões são medidos e correlacionados.

Para contornar este problema, um dos métodos mais adequados é a preparação de uma camada fina de amostra. Com este tipo de preparação, são minimizadas, em muito, as ditas interferências.

Entende-se por camada fina uma montagem tal de amostra que atenda a 1 mg/cm².

A calibração do espectrômetro é feita com utilização de sais puros dos respectivos elementos.

O método de camada fina contempla a avaliação de amostras completamente desconhecidas, amostras-problema com a matriz não completamente definida e os casos da não disponibilidade do conjunto de padrões adequados para a análise daquela amostra-problema.

O método desenvolvido e implantado na DIQUIM (No. 111.033.0), por não possuir grande exatidão de resultados, é conhecido como método semiquantitativo. Por outro lado, ao longo dos anos de utilização deste método, inúmeras correlações foram realizadas com métodos quantitativos, mostrando que os resultados obtidos são perfeitamente correlacionáveis, não só com métodos quantitativos feitos pela FRX como também com métodos quantitativos que utilizam outras técnicas de medida, como Absorção Atômica, Plasma, Plasma-massas, dentre outros (CHAGAS, 2000).

Possui como vantagens a utilização de uma pequena massa de amostra (1 mg) e o tempo de realização para a determinação, 15 minutos.

Para a maioria dos elementos o limite de detecção desta técnica é de 0,5%, logo, somente os elementos acima deste limite são detectados, se existentes.

Tem como resposta a quantificação de 41 elementos (F, Na, Mg, P, Cl, K, Ca, Ti, Br, Nb, Ag, Cd, Sn, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, W, Hg, Pb, Bi, Al, Si, S, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Y, Zr e Mo) em amostras sólidas e pulverizáveis quaisquer. Desta forma, à exceção do parâmetro fenol, todos os demais parâmetros ora estudados são avaliados por este método.

A aplicação deste método ao problema em questão foi feita de acordo com os seguintes passos:

- a) pulverização dos resíduos a 325 mesh;
- b) pesagem de 1 mg das amostras pulverizadas;
- c) montagem de camada fina;
- d) medida dos 41 elementos citados acima em espectrômetro de FRX, marca Philips, modelo 1480 (tubo de Rh) em programa analítico previamente realizado e calibrado;
- e) obtenção de resultados;
- f) fechamento dos elementos encontrados, sob forma de óxidos.

6.2.3 Difração de Raios-X (DRX)

A DRX tem como objetivo a identificação e/ou quantificação das fases cristalinas presentes na amostra. Sendo de primordial importância nas indústrias, esta técnica fornece indicativos precisos sobre a natureza química do material.

O método de DRX utilizado foi o método tradicional de Identificação de Compostos Cristalinos, da Petrobras/CENPES/DIQUIM, método No. 112.034.0.

Foi utilizada a Difração de Raios-X, marca Jeol, modelo 8030, com tubo de cobre.

A aplicação deste método ao problema em questão foi feita de acordo com os seguintes passos:

- a) moagem adequada das amostras de resíduo;
- b) montagem em lâmina para DRX;
- c) obtenção do difratograma, com utilização de 40 kV e 20 mA;
- d) interpretação do difratograma de acordo com arquivo em CD-Rom do Internacional Center of Diffraction Data.

6.2.4 Ensaios de Lixiviação e de Solubilização

Estes ensaios foram utilizados na análise da turfa, e foram baseados nas normas NBR 10005 (ABNT, 1987b) e NBR 10006 (ABNT, 1987c).

A determinação dos metais no lixiviado e no solubilizado foi realizada por espectrometria de massa por plasma indutivamente acoplado, ICP-MS, segundo o método ASTM D-5673 (ASTM, 1996).

Na determinação de mercúrio foi utilizada a técnica de absorção atômica, e para o ânion sulfato utilizou-se a técnica de Cromatografia de Ions.

O índice de fenóis foi determinado através do kit de fenóis de Riedel-de Hæn Aquanal®-Plus P/N 37427-colorimétrico.

O procedimento adotado para a turfa foi tentado para os agrotóxicos, procurando verificar se eles solubilizavam ou enviavam alguma lixívia para o meio ambiente. No entanto, na relação massa/água proposta pelas normas NBR 10005 e NBR 10006, a mistura resultante é um agregado que inviabiliza a análise do lixiviado/solubilizado (PETROBRAS, 2000). Assim, pode-se afirmar que a metodologia não é adequada para avaliação destes tipos de materiais.

7 RESULTADOS

Os resultados obtidos na análise de fluido de perfuração e de cascalho encontram-se nas tabelas 4, 5, 6 e 7.

TABELA 4 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO IP-4

PROF. (m)	FLUIDO/ RESÍDUO	ENSAIO	PARÂMETROS							
			Ba	Cd	Pb ⁽¹⁾	Fenóis ⁽¹⁾	Fe ⁽¹⁾	Hg	Na ⁽¹⁾	SO ₄
948	Fluido	MB	23,3	< 0,97	< 19,4	< 5,94	4 346	< 0,10	1 959	1 500
(fluido		Lix	1,02	< 0,005	< 0,10	..	..	< 0,0005	..	..
conven-	Cascalho	Sol	< 0,05	< 0,002	⁽¹⁾ 0,12	< 0,001	0,20	.	0,8	17
cional)		MB	28,8	< 0,96	< 19,2	< 5,08	6 563	.	955	800
1650	Fluido	MB	47,7	< 0,99	< 19,9	< 5,19	362	< 0,10	2 387	8 588
(fluido		Lix	2,58	< 0,005	3,16	..	..	< 0,0005	..	..
conven-	Cascalho	Sol	0,18	< 0,005	⁽¹⁾ < 0,10	⁽¹⁾ 0,002	⁽¹⁾ 0,93	.	143	35
cional)		MB	740	< 0,97	< 19,3	< 5,28	3 923	.	1 732	863
1854	Fluido	MB	191	< 0,98	< 19,5	< 5,67	2 361	< 0,10	26 171	7 797
(NaCl		Lix	1,67	< 0,005	0,30	..	..	< 0,0005	..	..
com	Cascalho	Sol	0,2	< 0,005	⁽¹⁾ < 0,10	⁽¹⁾ 0,004	⁽¹⁾ 0,64	.	⁽¹⁾ 394	39
polímeros)		MB	153	< 0,95	< 18,9	< 4,4	6 889	.	2 695	7 086
	Lim NBR	MB	..	..	1 000	10,0	..	100	..	..
	(LMP)	Lix	100	0,5	5,0	..	..	0,1	..	..
		Sol	1,0	0,005	0,05	0,001	0,3	0,001	200	400

FONTE: O autor

NOTAS: Lixiviação e solubilização em mg/l; massa bruta em mg/kg.

Sinais convencionais utilizados:

. Ensaio não solicitado.

.. Não aplicável.

(1) Parâmetros que apresentaram leituras de valores anômalos.

(2) Valores acima do LMP.

Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

Todos os parâmetros tiveram concentrações de lixiviado e de massa bruta dentro do limite máximo permitido pela NBR 10004. No entanto, sulfato, ferro, fenol, sódio e chumbo registraram algumas anomalias no ensaio de solubilização, com valores acima do LMP.

As concentrações de sódio no solubilizado guardam uma relação direta com o tipo e a salinidade do fluido de perfuração (fig. 14). À medida que aumenta o teor de sódio no fluido (massa bruta fluido) aumenta a capacidade do resíduo em liberar sódio para o ambiente (solubilizado resíduo).

TABELA 5 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO FAL-4

PROF. (m)	FLUIDO/ RESÍDUO	ENSAIO	PARÂMETROS							
			Ba	Cd	Pb ⁽¹⁾	Fenóis ⁽¹⁾	Fe ⁽¹⁾	Hg	Na ⁽¹⁾	SO ₄
300 (fluido conven- cional)	Fluido	MB	40,8	< 0,97	< 19,4	< 6,22	2544	< 0,10	2291	900
		Lix	0,31	< 0,005	< 0,10	..	..	< 0,0005	..	..
	Cascaho	Sol	< 0,05	< 0,002	< 0,05	< 0,001	(2) 1	.	33,5	11
		MB	40,0	< 1,00	< 20,0	< 4,45	1411	.	242	2000
1092 (fluido NaCl com polímeros)	Fluido	MB	189	< 0,92	< 18,3	(2) 14,7	8890	< 0,09	19531	8730
		Lix	1,42	< 0,005	0,32	..	..	< 0,0005	..	..
	Cascaho	Sol	< 0,10	< 0,005	(2) < 0,10	(2) 0,017	(2) 0,51	.	(2) 829	74
		MB	49	< 0,94	< 18,9	< 5,98	22830	.	6934	6840
	Lim NBR (LMP)	MB	..	..	1000	10,0	..	100	..	..
		Lix	100	0,5	5,0	..	..	0,1	..	..
		Sol	1,0	0,005	0,05	0,001	0,3	0,001	200	400

FONTE: O autor

NOTAS: Lixiviação e solubilização em mg/l; massa bruta em mg/kg.

Sinais convencionais utilizados:

. Ensaio não solicitado.

.. Não aplicável.

(1) Parâmetros que apresentaram leituras de valores anômalos.

(2) Valores acima do LMP.

Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

TABELA 6 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO FAJ-4D

PROF. (m)	FLUIDO/ RESÍDUO	ENSAIO	PARÂMETROS							
			Ba	Cd	Pb ⁽¹⁾	Fenóis ⁽¹⁾	Fe ⁽¹⁾	Hg	Na ⁽¹⁾	SO ₄
(400 fluido conven- cional)	Fluido	MB	104	< 0,96	< 19,3	< 4,23	4416	< 0,10	1109	254
		Lix	0,74	< 0,005	< 0,10	..	..	< 0,0005	..	..
	Cascaho	Sol	0,07	< 0,002	< 0,05	< 0,001	< 0,03	.	67,0	5
		MB	45,2	< 0,98	< 19,7	< 2,15	6196	.	452	231
1000 (fluido NaCl com polímeros)	Fluido	MB	529	< 0,98	< 19,6	< 6,21	2703	< 0,10	5738	5517
		Lix	0,90	< 0,005	0,54	..	..	< 0,0005	..	..
	Cascaho	Sol	0,09	< 0,001	< 0,02	(2) 0,002	< 0,03	.	(2) 381	101
		MB	155	< 0,98	706	< 5,68	9434	.	1539	2391
1931 (fluido NaCl com polímeros)	Fluido	MB	< 14,2	< 0,71	< 14,2	< 5,58	980	< 0,10	20704	965
		Lix	0,79	< 0,005	< 0,10	..	..	< 0,0005	..	..
	Cascaho	Sol	< 0,10	< 0,005	(2) < 0,10	< 0,001	< 0,12	.	(2) 485	160
		MB	59,6	< 0,99	79,5	< 6,04	12021	.	3056	1214
2430 (fluido NaCl com polímeros)	Fluido	MB	1159	< 0,98	< 19,6	< 6,3	2157	< 0,10	40686	619
		Lix	1,81	< 0,005	0,84	..	..	< 0,0005	..	..
	Cascaho	Sol	0,52	< 0,002	< 0,05	< 0,001	(2) 0,4	.	(2) 891	20
		MB	< 18,8	< 0,94	86,6	< 6,3	17544	.	8318	500
Lim NBR (LMP)		MB	..	..	1000	10,0	..	100	..	..
		Lix	100	0,5	5,0	..	..	0,1	..	..
		Sol	1,0	0,005	0,05	0,001	0,3	0,001	200	400

FONTE: O autor

NOTAS: Lixiviação e solubilização em mg/l; massa bruta em mg/kg.

Sinais convencionais utilizados:

. Ensaio não solicitado.

.. Não aplicável.

(1) Parâmetros que apresentaram leituras de valores anômalos.

(2) Valores acima do LMP.

Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

TABELA 7 - RESULTADOS DE ENSAIOS PARA RESÍDUOS PROVENIENTES DO POÇO FAL-3

PROF. (m)	FLUIDO/ RESÍDUO	ENSAIO	PARÂMETROS							
			Ba	Cd	Pb	Fenóis	Fe	Hg	Na ⁽¹⁾	SO ₄ ⁽¹⁾
300	Fluido	MB	741	< 0,96	< 19,2	< 5,59	6910	< 0,10	23916	391
(fluido		Lix	2,44	< 0,005	< 0,10	..	..	< 0,0005	..	..
NaCl com	Cascalho	Sol	0,21	< 0,002	< 0,05	< 0,001	0,25	.	⁽²⁾ 322	⁽²⁾ 1080
polímeros)		MB	197	< 1,00	31,9	< 4,54	30040	.	6937	1417
		MB	..	..	1000	10,0	..	100	..	..
	Lim NBR	Lix	100	0,5	5,0	..	..	0,1	..	..
	(LMP)	Sol	1,0	0,005	0,05	0,001	0,3	0,001	200	400

FONTE: O autor

NOTAS: Lixiviação e solubilização em mg/l; massa bruta em mg/kg.

Sinais convencionais utilizados:

. Ensaio não solicitado.

.. Não aplicável.

(1) Parâmetros que apresentaram leituras de valores anômalos.

(2) Valores acima do LMP.

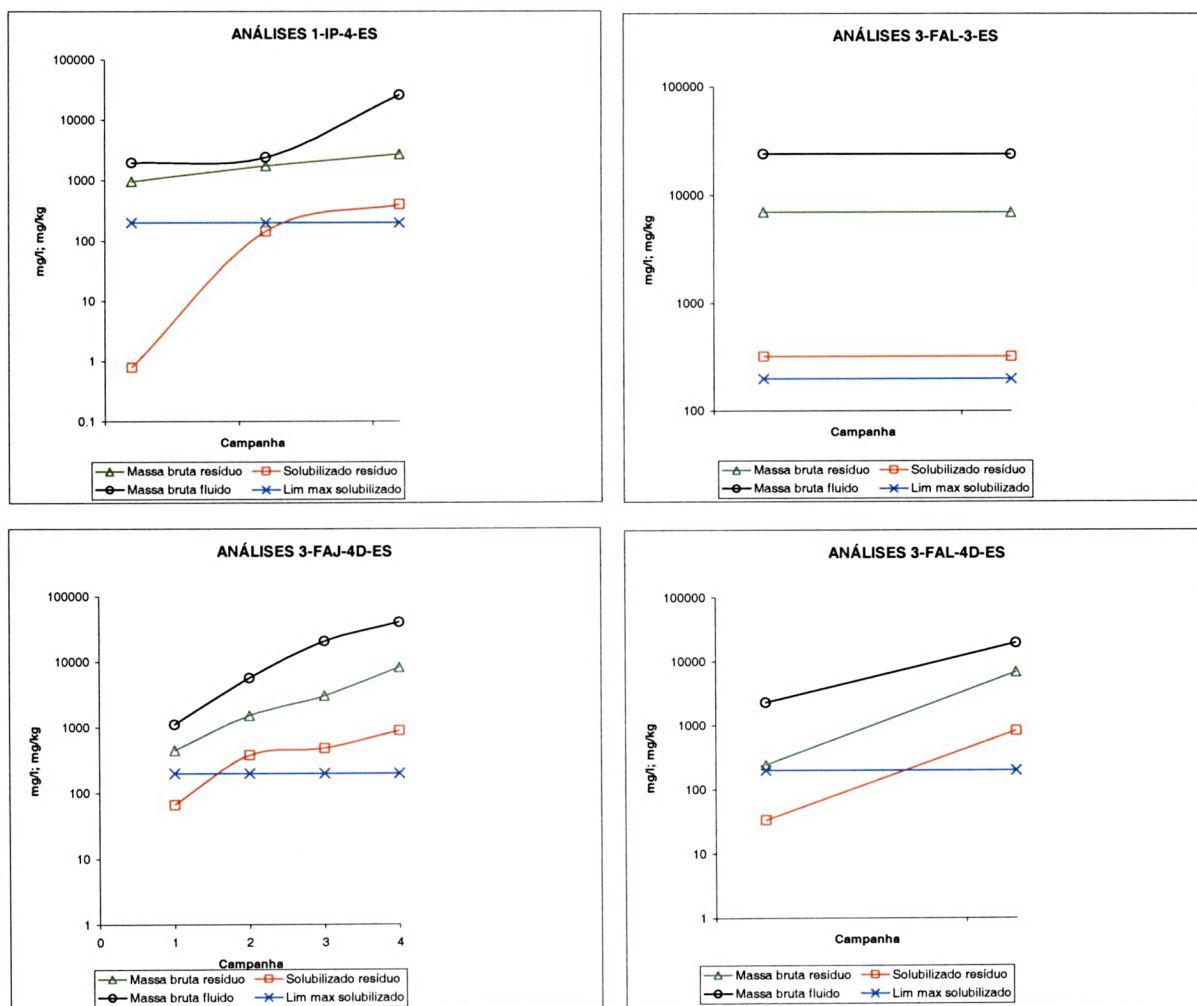
Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

Por outro lado, os valores lidos na solubilização para o elemento ferro mostram uma tendência a aumentarem com a profundidade, independente de sua concentração no fluido de perfuração (fig. 15 – solubilizado resíduo x massa bruta fluido).

Das 5 anomalias registradas na solubilização para o chumbo, somente a primeira leitura obtida do poço IP-4 (0,12 mg/l) pode ser efetivamente considerada como uma anomalia. As outras anomalias resultam de problemas decorrentes de limite de detecção do aparelho/método.

As concentrações de fenóis não demonstraram guardar relação com o avanço da perfuração (fig. 16). No entanto, devido aos limites de detecção observados nas análises de massa bruta, não é possível inferir se há alguma relação entre as concentrações de entrada (massas brutas dos fluidos) e as concentrações de saída (massas brutas dos resíduos - cascalhos).

FIGURA 14 - CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO NOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E NOS RESÍDUOS CONSTITUÍDOS POR CASCALHO E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

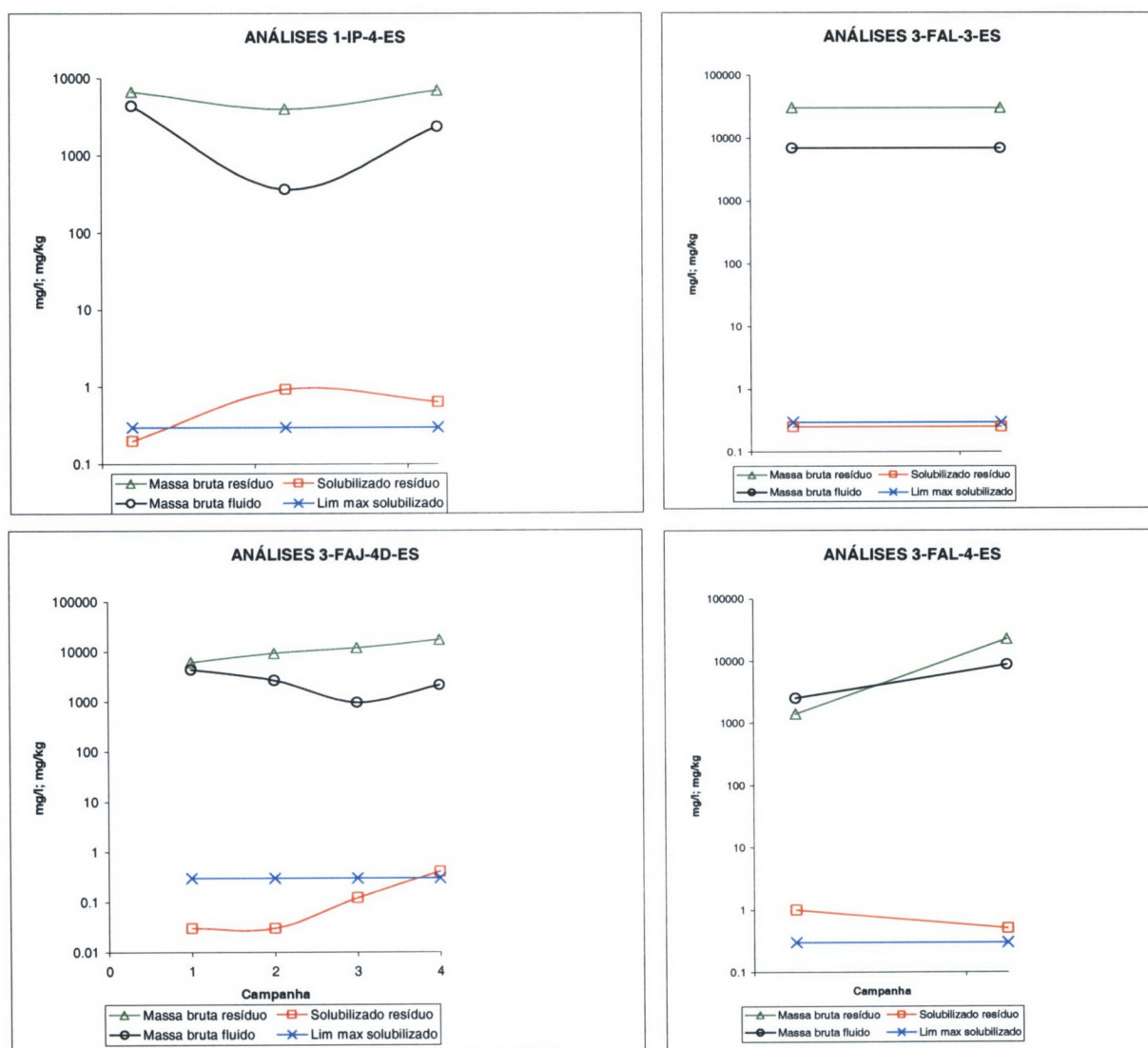


FONTE: O autor

NOTA: Leituras de massa bruta em mg/kg; leituras de solubilizado em mg/l.

A única leitura anômala observada para sulfatos, no poço FAL-3, deve-se possivelmente a falha no manuseio da amostra no laboratório. Isto porque o valor encontrado para a solubilização do cascalho está muito próximo ao encontrado para a massa bruta do cascalho, indicando uma incoerência. Observa-se que a relação entre concentração por solubilização do cascalho e teor na massa bruta do cascalho, para os vários parâmetros analisados, inclusive sulfatos, varia de 0,5% a 10%, o que não se verifica no caso do poço FAL-3, onde a concentração de sulfatos no solubilizado alcança 75% do teor de sulfato na massa bruta.

FIGURA 15 - CONCENTRAÇÕES DE FERRO NOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E NOS RESÍDUOS CONSTITUÍDOS POR CASCALHOS E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

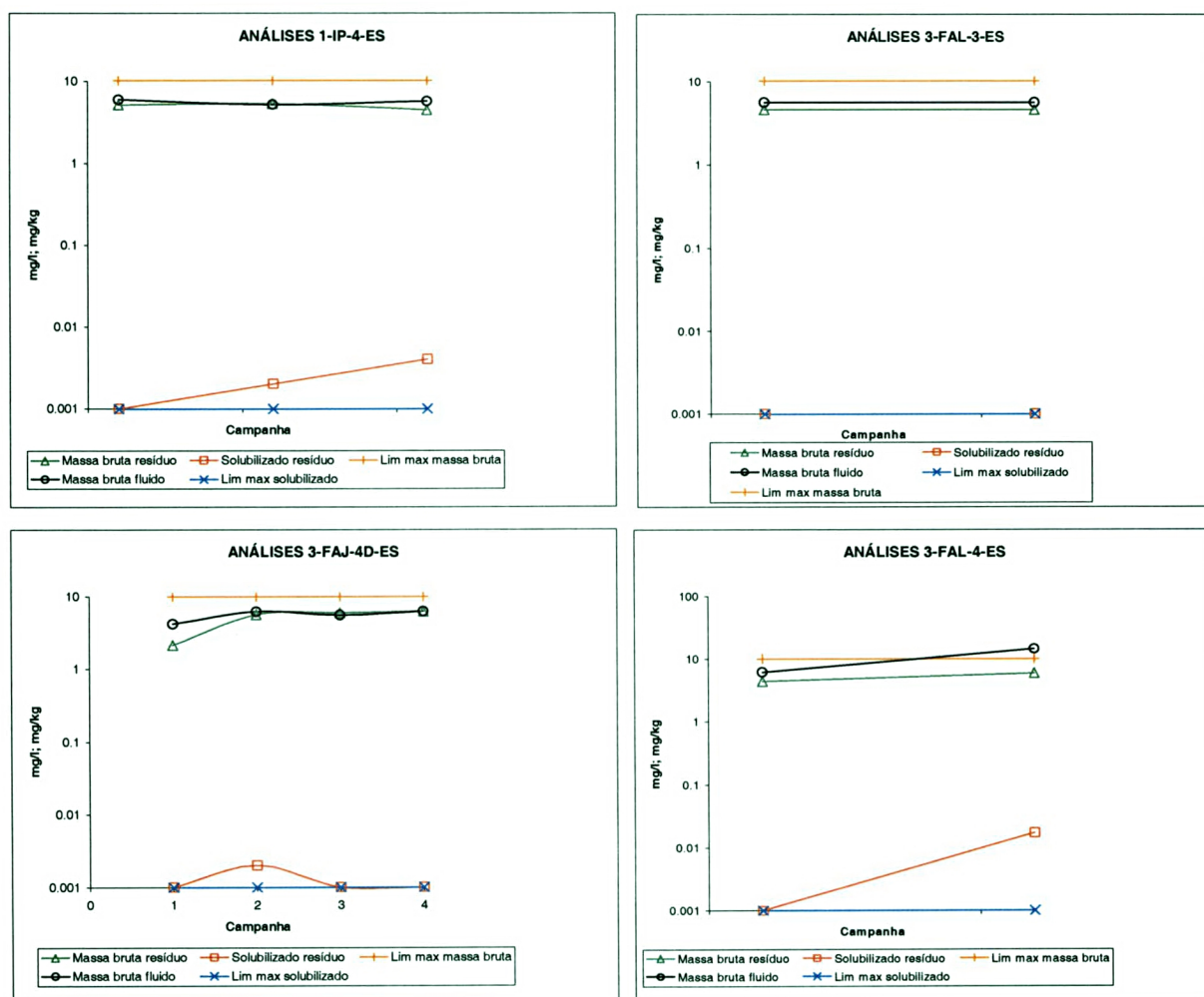


FONTE: O autor

NOTA: Leituras de massa bruta em mg/kg; leituras de solubilizado em mg/l.

Os resultados dos ensaios realizados nos pesticidas e fertilizante (liofilização, FRX e DRX) encontram-se listados nas tabelas 8, 9 e 10, e dos realizados na turfa (lixiviação, solubilização e massa bruta) estão listados na tabela 11.

FIGURA 16 - CONCENTRAÇÕES DE FENÓIS NOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E NOS RESÍDUOS CONSTITUÍDOS POR CASCALHOS E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO



FONTE: O autor

NOTA: Leituras de massa bruta em mg/kg; leituras de solubilizado em mg/l.

Os resultados de solubilização da turfa, para o parâmetro ferro, mostraram valores acima do valor de referência em duas das três amostras analisadas. O ferro contido na amostra que não apresentou anomalia (amostra 1) teve concentração igual ao máximo permitido pela norma técnica NBR 10004 (ABNT, 1987a).

TABELA 8 - ENSAIOS DE LIOFILIZAÇÃO EM AMOSTRAS DE AGROTÓXICOS LÍQUIDOS

AMOSTRAS	MATERIAL DISSOLVIDO (%)	MATERIAL INORGÂNICO (%)
Lorsban	92,2	5,4
Thiodan	47,8	0,3
Malathion	38,0	1,3
U-46	79,7	0,4

FONTE: PETROBRAS (2000)

TABELA 9 - ENSAIOS DE FRX E DRX EM AMOSTRAS DE AGROTÓXICOS LÍQUIDOS

PARÂMETROS	FRX (%)			
	Amostras			
	Lorsban	Thiodan	Malathion	U-46
Sódio	0,0	1,0	1,7	21
Cálcio	3,1	25	1,9	1,0
Magnésio	0,0	0,8	0,6	0,0
Enxofre	0,0	28	0,0	1,1
Fósforo	23	0,0	27	0,0
Cloro	0,0	0,0	0,0	18
Ferro	0,0	0,0	0,7	2,1
Alumínio	0,0	0,0	0,8	0,0
Silício	0,0	0,0	2,9	0,0

PARÂMETROS	DRX			
	Amostras			
	Lorsban	Thiodan	Malathion	U-46
Sódio				
Cálcio	Material			
Magnésio	amorfo	Material amorfo		
Enxofre	não identificado	contendo anidrita		Material amorfo
Fósforo	(com uma	(CaSO ₄) e traços	..	contendo halita
Cloro	única fase),	de gipsita		(NaCl)
Ferro	provavelmente	(CaSO ₄ .2H ₂ O)		
Alumínio	orgânico			
Silício				

FONTE: PETROBRAS (2000)

NOTA: Sinais convencionais utilizados:

0,0 Dado numérico resultante de arredondamento.

.. Não disponível.

Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

As amostras 2 e 3 também apresentaram altos valores para a solubilização quanto a fenóis. Da amostra 1 nada pode ser afirmado, visto que a resolução do método não permitiu comparar a concentração medida com o valor de referência da NBR 10004 (0,001 mg/l).

Os outros parâmetros, constituídos por alguns metais (dentre os quais alguns metais pesados: Hg, Cd, Pb e As), não apresentaram anomalias.

TABELA 10 - ENSAIOS DE FRX EM AGROTÓXICOS SÓLIDOS E FERTILIZANTE

PARÂMETROS	FERTILIZANTE	AGROTÓXICOS SÓLIDOS			
	Adubo Pikapau	Mirex-S Sulfuramida	Manzat 800	Kumulus DF	Benlat 500
Cálcio	10	3,1	0,0	0,0	0,0
Enxofre	8,1	0,0	61	44	0,0
Fósforo	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloro	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Potássio	5,7	1,5	0,0	0,0	0,0
Magnésio	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Ferro	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Chumbo	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1
Manganês	0,0	0,0	36	0,0	0,0
Zinco	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
Silício	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Sódio	0	0,0	0,5	2,9	0,0

FONTE: PETROBRAS (2000)

NOTAS: Dados numéricos em %.

Sinal convencional utilizado:

0,0 Dado numérico resultante de arredondamento

Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

TABELA 11 - ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO, SOLUBILIZAÇÃO E MASSA BRUTA EM AMOSTRAS DE TURFA

PARÂMETROS	AMOSTRA 1			AMOSTRA 2			AMOSTRA 3			LIMITE NBR 10004		
	Fazenda S. Jorge			Fazenda Sta. Luzia			Fazenda Cedro			(LMP)		
	Lix	Sol	MB	Lix	Sol	MB	Lix	Sol	MB	Lix	Sol	MB
Mercurio	< 0,0002	< 0,0002	..	< 0,0002	< 0,0004	..	< 0,0002	< 0,0002	..	0,1	0,001	100
Bário	0,013	< 0,02	..	0,034	< 0,01	..	< 0,01	< 0,01	..	100	1	..
Cádmio	< 0,01	< 0,001	..	< 0,01	< 0,001	..	< 0,01	< 0,001	..	0,5	0,005	..
Chumbo	0,027	< 0,01	9,6	0,015	< 0,01	2,0	< 0,01	< 0,01	2,7	5	0,05	1000
Ferro ⁽¹⁾	..	⁽²⁾ 0,3	⁽²⁾ 1,7	⁽²⁾ 4,7	..	..	0,3	..
Sulfatos	..	395	..	..	6,0	..	..	6,0	..	..	400	..
Índice de fenóis ⁽¹⁾	..	< 0,1	⁽²⁾ 0,7	⁽²⁾ > 3,0	..	..	0,001	..

FONTE: PETROBRAS (2000)

NOTA: Lixiviação e solubilização em mg/l; massa bruta em mg/kg.

(1) Parâmetros que apresentaram leituras de valores anômalos.

(2) Valores acima do LMP.

Artifício utilizado apenas para realçar parâmetros que apresentaram leituras de valores acima do LMP

8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados observados indicam ser o resíduo proveniente da perfuração de poços de petróleo um resíduo não perigoso, quanto às suas características de toxicidade por lixiviação. Em termos ecotoxicológicos, VEIGA (1998) chegou à mesma conclusão de não periculosidade, condizente também com as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), que não considera este tipo de resíduo, em geral, como perigoso (EPA, 2001).

As variações nas leituras de fenóis provavelmente se devem ao mau dimensionamento/funcionamento do separador água/óleo existente nas sondas de perfuração, permitindo que as águas de lavagem da sonda e as águas pluviais sejam descartadas nos diques com uma certa quantidade de óleos, graxas e fenóis.

Os altos valores encontrados para o sódio são decorrência da utilização do fluido NaCl com polímeros, introduzido a partir de 1998. A leitura dos boletins diários de perfuração e dos boletins diários do fluido de perfuração de poços anteriores a 1998 revela que este tipo de fluido era utilizado apenas no Campo de Petróleo de Conceição da Barra, cerca de 20 km ao norte do limite norte da área de estudo, onde foram perfurados 13 poços.

Da tabela 12 observa-se que análises de massa bruta, de lixiviação e de solubilização efetuadas em resíduos contidos em diques (já tamponados) dos poços FSL-3, FSL-19 e FSL-20 (perfurados com fluidos convencional e à base de cal, em anos anteriores a 1998), não revelaram anomalias para sódio.

TABELA 12 - CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO ENCONTRADAS EM DIQUES DE POÇOS PERFURADOS COM FLUIDO À BASE DE ÁGUA DOCE

POÇO	MASSA BRUTA (mg/kg)	SOLUBILIZAÇÃO (mg/l)	SOLUBILIZAÇÃO - LMP (mg/l)
FSL-3	803	44,2	
FSL-19	1 716	122	200
FSL-20	1 731	209	

FONTE: O autor

Os pesticidas líquidos, inicialmente submetidos à liofilização, apresentam concentrações de material inorgânico bastante baixas em relação ao material dissolvido (ver tabela 8). A maior concentração de inorgânicos verifica-se para o inseticida Lorsban® (cerca de 5% do conteúdo total do inseticida) e a menor para o inseticida Thiodan® (0,14% do total).

Os ensaios de FRX executados sobre o material inorgânico mostram (ver tabela 9) que os principais constituintes inorgânicos são o fósforo, enxofre, fósforo e sódio, respectivamente para Lorsban®, Thiodan®, Malathion® e U-46®. O fósforo, apesar de não se constituir em objeto deste estudo, costuma ter associados os elementos cádmio, cloretos, sulfatos, cromo, cobre, arsênio, chumbo e mercúrio (HOUZIM et al., 1986; VRBA, 1986). Até que ponto isto se traduz em contaminação por estes elementos é uma questão complexa de ser resolvida, conforme já analisado no capítulo 2.

Situação diferente ocorre quanto ao enxofre e ao sódio, cujos teores primários no Thiodan® e no U-46® são proporcionalmente elevados. Estes agrotóxicos podem estar alterando a qualidade das águas.

No entanto, considerando-se os baixos valores de concentração encontrados para estes parâmetros nos ensaios de FRX (ver tabela 9), o igualmente baixo percentual dos constituintes inorgânicos em relação ao produto (ver tabela 8), o fato de que estes produtos são diluídos para aplicação e, por fim, que as culturas de cacau, café e cana, bem como a pecuária, são exercidas de maneira extensiva na região, pode-se afirmar que os pesticidas líquidos têm pouco impacto sobre as águas da região, quanto aos parâmetros analisados.

Por outro lado, os pesticidas sólidos apresentam teores de constituintes inorgânicos mais altos relativamente aos líquidos (ver tabela 10). Teores elevados de enxofre são detectados nos fungicidas inorgânicos (MANZAT 800® e Kumulus-DF®). O BENLAT 500®, à base de benzimidazol ($C_7H_6N_2$) acusa apenas chumbo, com teor de 1,1 %.

A análise por FRX do fertilizante (tabela 10) mostra que vários parâmetros inorgânicos acham-se bem representados na composição do fertilizante. Dentre eles, destacam-se o enxofre, o fósforo, cloretos e ferro.

O resultado é condizente com o que se esperava de um adubo do tipo N-P-K+S. O nitrogênio não aparece como constituinte porque o método FRX não lê este elemento.

Costuma-se associar fertilizantes com metais pesados. No entanto, os resultados obtidos mostram que, em princípio, tal associação não procede.

As amostras de turfa analisadas revelaram baixas concentrações de metais outros que não o ferro, indicando serem amostras coletadas em áreas de baixa contaminação ambiental. Caso contrário, devido à sua alta CTC, esperar-se-ia concentrações maiores dos metais, quando submetidas aos ensaios de lixiviação e de solubilização. Provavelmente os altos teores de fenóis, em quantidades muito acima do LMP, devem-se principalmente às próprias condições naturais. Secundariamente, o uso do herbicida U-46 pode estar contribuindo para esta anomalia de fenóis.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Alguns dos parâmetros que rotineiramente têm sido solicitados à Petrobras que sejam por ela monitorados poderiam, a depender da aprovação dos órgãos ambientais, ter a frequência com que são monitorados espaçada, visto não apresentarem anomalias representativas de alteração da qualidade das águas na área de estudo. São eles: zinco, turbidez, cromo hexavalente, DBO, pH, prata, cor e OD.
- As anomalias de fenóis encontradas provavelmente sejam causadas pela própria natureza orgânica da turfa. Não deve ser descartada a possibilidade de que o uso de pesticidas fenólicos, como o U-46, esteja contribuindo para a anomalia de fenóis. A contribuição da atividade de perfuração de poços de petróleo parece ser pontual, ocorrendo somente quando o separador água-óleo localizado na entrada do dique apresenta desajustes.
- O fluido de perfuração de poços de petróleo, quando à base de água doce, não traz impactos significativos ao meio ambiente quanto aos parâmetros analisados.
- Concentrações anômalas de sulfato podem estar sendo causadas pelo uso de fungicidas. Estes apresentaram teores elevados de enxofre e de sódio, e são utilizados, dentre outras culturas, na de eucalipto (em viveiros e áreas de fomento – LEAL, 1999). Esta cultura é praticada de forma intensiva justo à montante da área de estudo. Nenhum outro agente econômico parece estar contribuindo para as leituras anômalas de sulfatos nas águas.

- As anomalias de bário, chumbo e mercúrio necessitam ser melhor investigadas, posto que não foi possível determinar um provável agente econômico causador. Os ensaios realizados em agrotóxicos, em fluidos de perfuração, em cascalhos da perfuração e na turfa não permitiram chegar a alguma conclusão.
- O uso de fertilizantes fosfatados pode estar contribuindo para as concentrações de cádmio observadas na região. No entanto, há a hipótese de que esteja ocorrendo um enriquecimento em cádmio na área, devido a suas condições geomorfológicas. A hipótese de enriquecimento também é válida para o chumbo, haja visto o trabalho de SALOMONS e FÖRSTNER ⁷, citado por FERGUSON (1990).
- As salinidades e teores de cloretos anômalos encontrados não estão associados a nenhum agente econômico, ao menos à época das leituras do trabalho de MENDONÇA et al. (1997).
- As águas da região deveriam ser classificadas pelo menos como Classe 3, de acordo com a Resolução CONAMA 20/86. Isto porque mais de 80% das leituras de cor efetuadas por MENDONÇA et al. (1997), em poços de montante, estiveram acima do limite estabelecido para as águas de Classe 2. Esta alteração de classe resultaria em que ferro solúvel, fenóis, e cádmio passassem a atender à legislação, pois apresentaram concentrações condizentes com as de Classe 3. Alguns estados, como o do Paraná, já procederam a estudos de diagnóstico da qualidade das suas águas (PARANÁ, 1987).

⁷ SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. (1984). **Metals in the hydrocycle**. [S.l.]: Springer-Verlag.

- Recomenda-se um melhor controle do processo de formulação do fluido e do funcionamento do separador óleo/água localizado na saída para o dique, de modo a permitir o enquadramento de ferro e fenóis dentro do LMP para resíduos. O fluido à base de NaCl com polímeros deve ter algum tipo de reutilização/reciclagem.
- Sugere-se a condução de mais estudos, desta feita para analisar os efeitos que os agentes naturais podem estar causando na qualidade das águas da região. Este raciocínio aplica-se principalmente aos parâmetros salinidade, cloretos, sulfatos, chumbo e cádmio.
- É necessário um controle na venda de agrotóxicos. Não se tem idéia da quantidade de agrotóxico que é utilizada na região. Somente agora está se tentando fazer um controle maior (REGO, 2001; TARDIN, 2001). As compras são feitas sem a necessidade de um receituário, o que está em desacordo com a legislação (BRASIL, 1989, 1990). As amostras de agrotóxicos utilizadas neste trabalho foram compradas livremente. Sem este controle, é impossível caracterizar os impactos que seu uso tem trazido às águas da região.

REFERÊNCIAS

- ABNT. (1987a). **NBR 10004**: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro.
- ABNT. (1987b). **NBR 10005**: lixiviação de resíduos. Rio de Janeiro.
- ABNT. (1987c). **NBR 10006**: solubilização de resíduos. Rio de Janeiro.
- ABNT. (1987d). **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragens de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro.
- ABNT. (1987e). **NBR 10007**: amostragem de resíduos. Rio de Janeiro.
- ABNT. (1989). **NBR 11174**: armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro.
- ALBERGARIA, E. B. de. **Cana, cacau e IAMA**. [mensagem de trabalho]. Mensagem recebida por: <glauco@geologia.ufpr.br> em: 22 nov. 1999.
- ALBERGARIA, E. B. de. (2000). **Re: Gado**. [mensagem de trabalho]. Mensagem recebida por: <glauco@geologia.ufpr.br> em : 30 ago. 2000.
- AL-SHAWI, A. W.; DAHL, R. (1999). The determination of cadmium and six other heavy metals in nitrate/phosphate fertilizer solution by ion chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v. 391, issue 1, p. 35-42. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/web-editions?_ob=ArticleURL&_udi=B6TF4-3WJ753F-1C&_user=525508&_coverDate=05%2F26%2F1999&_rdoc=5&_fmt=full&_orig=browse&_srch=%23toc%235216%231999%23996089998%2398549!&_cdi=5216&_sort=d&_acct=C000026419&_version=1&_urlVersion=0&_userid=525508&md5=4029d1b9f1d353b7690c30dfc7b30f54> Acesso em: 31 ago. 2000.
- ANDRIESSE, J. P. (1988). Nature and management of tropical peat soils. **FAO Soils Bulletin**, Rome, n. 59, 166 p.
- APHA. (1995). **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, 1 v. (Part 8000).
- ASMUS, H. E.; GOMES, J. B.; PEREIRA, A. C. B. (1971). Integração geológica regional da Bacia do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo. **Anais...**São Paulo: SBG, v. 3, p. 235-252.

ASSOCIAÇÃO REGIONAL PETROLÍFERA LATINO-AMERICANA (1992). **Diretriz para a eliminação e o tratamento da água de produção**. [S.l.: s.n.]. 114 p.

ASTM. (1996). **ASTM D5673**: standard test method for elements in water by inductively coupled plasma-mass spectrometry. West Conshohocken, PA.

ATSDR. **Frequently Asked Questions About Contaminants Found at Hazardous Waste Sites**. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>> Acesso em: 22 out. 1999.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. (1996). **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: Intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais. Florianópolis: UFSC. v. II.

BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. (2000). Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **IPEF on line**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/pesquisa/formcortadeiras.html>> Acesso em: 5 dez. 2000.

BRANNER, J. C. (1902). The geology of northeast coast of Brazil. **G.S.A. Bulletin**, Boulder, n. 8, p. 41-98.

BRASIL (1986a). **Resolução CONAMA n. 001**, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil em 17 de fevereiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso em: 20 jul. 2000.

BRASIL (1986b). **Resolução CONAMA n. 020**, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil em 30 de julho de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso em: 20 jul. 2000.

BRASIL (1989). **Lei n. 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/leis/7802_89.htm> Acesso em: 24 nov. 2000.

BRASIL (1990). **Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990**. Regulamenta a Lei nº 7.802/89 e dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos da embalagem, o registro, a classificação controle, a inspeção, a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/98816_90.htm> Acesso em: 24 nov. 2000.

CARVALHO, K. W. B. (1965). Geologia da bacia sedimentar no Rio Almada. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 5-56.

CARVALHO, K. W. B.; GARRIDO, J. L. P. (1965). **Reconhecimento geológico da bacia sedimentar Bahia Sul/Espírito Santo**. Rio de Janeiro: Petrobras. Relatório interno.

CETESB (1990a). **Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 7 p. (série Manuais).

CETESB (1990b). **Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB. 17 p. (série Manuais).

CETESB (1992). **Água do mar. Teste de toxicidade aguda com *Mysidopsis juniae* Silva, 1979 (Crustacea: Mysidacea): método de ensaio**. São Paulo: CETESB, 19 p.

CETESB (1998). **Parecer Técnico n. 33/DDAA/98**: monitoramento da qualidade das águas subterrâneas em áreas de disposição de resíduos provenientes da perfuração de poços de petróleo pela Petrobras no Campo da Fazenda Santa Luzia, Linhares, Espírito Santo. São Paulo; CETESB.

CHAGAS, A. (2000). + **conteúdos**. [mensagem de trabalho]. Mensagem recebida por: <glauco@geologia.ufpr.br> em: 29 ago. 2000.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. (1992). The selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman & Hall Ltd, p. 51-119

CHILTON, J. Groundwater. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman & Hall Ltd, 1992. p. 371-466

COLVIN, D. L. (1999). **Weeds in the sunshine**: herbicide prepackage mixtures. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/WG054>> Acesso em: 23 nov. 1999.

COMBAZ, A. (1980). Les kérogènes vus au microscope. In: DURAND, B. (Ed.). **Kerogen: insoluble organic matter from sedimentary rocks**. Paris: Éditions Technip, p. 55-111.

CONCEIÇÃO, J. C. et al. (1993). **Controle tectônico do magmatismo meso-cenozóico no sul e sudeste do Brasil e seu papel na evolução das bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras. Relatório interno.

COOK, J. L. et al. (2000). **Pesticide characteristics that affect water quality**. Disponível em: <http://entowww.tamu.edu/extension/bulletins/water/water_01.html#organic-waste> Acesso em: 30 nov. 2000.

CORDANI, U.; BLAZEKOVIĆ, A. (1970). Idades radiométricas das rochas vulcânicas de Abrolhos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., Brasília. **Anais...**Brasília: SBG, p. 265-270.

CUSTODIO, E. (1987). General considerations. In: CUSTODIO, E.(Dir.). **Groundwater problems in coastal areas**. Fleurus: Imprimerie Bietlot Frères.

DURAND, B.; NICAISE, G. (1980). Procedures for kerogen isolation. In: DURAND, B. (Ed.). **Kerogen: insoluble organic matter from sedimentary rocks**. Paris: Éditions Technip. p. 35-53.

DUIJVENBOODEN, W. Van. (1993). Ground-water quality monitoring in the Netherlands. In: ALLEY, W. M. (Ed.). **Regional ground-water quality**. New York: Van Nostrand Reinhold. p. 323-343.

EDWARDS, C. A. (1973). Pesticide residues in soil and water. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Environmental pollution by pesticides**. London: Plenum. p. 409-458.

EPA (1992). **Rules and regulations**. 40 CFR. Parts 100-149.

EPA (2001). **Identification And Listing Of Hazardous Waste: exclusions**. Disponível em: <http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfrhtml_00/Title_40/40cfr261_00.html> Acesso em: 01 jun. 2001.

FERGUSON, J. E. (1990). **The heavy elements**. Oxford: Pergamon Press. 614 p.

FODOR, R. V.; MCKEE, E. H.; ASMUS, H. E. (1983). K-Ar ages and the opening of the South Atlantic Ocean: basaltic rock from the Brazilian margin. **Marine Geology**, v. 54, p. M1-M8.

FONTANELLI, G. F. et al. (2000). **Considerações sobre a qualidade das águas na costa norte do Estado do Espírito Santo: uma visão integrada**. No prelo.

FORTESCUE, J. A. C. (1979). **Environmental geochemistry: a holistic approach**. New York: Springer-Verlag New York Inc. 342 p.

FUJII, R. et al. (1998). **Dissolved organic carbon concentrations and compositions, and trihalomethane formation potentials in waters from agricultural peat soils, Sacramento-San Joaquin Delta, California**: implications for drinking-water quality. Sacramento: U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations, Report 98-4147. Disponível em: <<http://water.wr.usgs.gov/rep/wrir984147/tablef4.html>> Acesso em: 04 dez 2000.

GIMENO-GARCÍA, E.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. (1996). Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. **Environmental Pollution**, Great Britain: Elsevier Science Ltd., v. 92, n. 1, p. 19-25.

HILTON, J. (2000). **Composição de fluido**. [mensagem de trabalho]. Mensagem recebida por: <glauco@geologia.ufpr.br> em 25 ago. 2000.

HOUZIM, V. et al. (1986). Impact of fertilizers and pesticides on groundwater quality. In: VRBA, J.; ROMIJN, E (Coord.). **Impact of agricultural activities on groundwater**. Hannover: Heise, v. 5, p. 89-132.

IBAMA (1997). **Projeto de reorganização institucional do IBAMA**. 209 p.

INFORMATION VENTURES (1995). **Chlorpyrifos**: pesticide fact sheet. Disponível em: <<http://www.infoventures.com/e-hlth/pesticide/chlorpyr.html>> Acesso em: 30 nov. 2000.

LANI, J. L. (1987). **Estratificação de ambientes na bacia do Rio Itapemirim, no sul do Estado do Espírito Santo**. Viçosa. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição das Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

LEAL, S. A. (1999). **Entrevista concedida a Glauco Fernando Fontanelli**. São Mateus, 6 nov. 1999.

LIN, I. J.; SCHORR, M. (1997). **Phosphorus & Potassium**, Mar-Apr (1997), n. 27.

LÓPEZ CAMELO, L. G.; MIGUEZ, S. R. de; MARBÁN, L. (1997). Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. **The Science of the Total Environment**, [S.l.: s.n.], n. 204, p. 245-250.

LORSBAN 480 BR (2000): clorpirifós. Franco da Rocha: Dow AgroSciences. Bula.

LOUMBOURDIS, N. S.; WRAY, D. (1998). Heavy-metal concentration in the frog *Rana ridibunda* from a small river of Macedonia, Northern Greece. **Environment International**, v. 24, Issue 4, p. 427-431.

MACKAY, D. M.; SMITH, L. A. (1993). Organic contaminants. In: ALLEY, W. M. (Ed.). **Regional ground-water quality**. New York: Van Nostrand Reinhold. p. 323-343.

MANAHAM, S. E. (1992). **Environmental chemistry**. 6. ed. Boca Raton, FL: Lewis Publishers. 811 p.

McNEELY, R. N., NEIMANIS, V. P.; DWYER, L. **Water quality sourcebook: a guide to water quality parameters**. Ottawa, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, 1979.

MENDONÇA, A. S. F. (Coord.) (1997). **Relatório de impacto ambiental das atividades da Petrobras no norte do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida. 137 f.

MENDONÇA, A. S. F. et al. (1997). Diagnóstico ambiental do meio físico. In: MENDONÇA, A. S. F. (Coord.). **Estudo de impacto ambiental das atividades da Petrobras no norte do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida. v. II.

MEYBECK, M. et al. (1992). Rivers. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman & Hall Ltd. p. 239-316.

MEYBECK, M.; HELMER, R. (1992). An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman & Hall Ltd. p. 2-16.

MUROZUMI, M.; CHOW, T. J.; PATTERSON, C. C. (1969). Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dusts and sea salt in Greenland and Antarctic snow strata. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. New Haven, v. 33, p. 1247-1294.

NG, A.; PATTERSON, C. C. (1981). Natural concentrations of lead in ancient Arctic and Antarctic ice. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. New Haven: v. 45, p. 2109-2121.

OJEDA, H. A. O. (1977). **Bacia do Espírito Santo: integração geológica regional**. Rio de Janeiro: Petrobras. Relatório interno.

OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. (1943). **Geologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Serv. Inf. Agric. 813 p.

- PARANÁ. (1987). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA). **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná**. Curitiba. 361 p.
- PERIM, C. A. F. et al. (1997). Meio antrópico. In: MENDONÇA, A. S. F. (Coord.). **Relatório de impacto ambiental das atividades da Petrobras no norte do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida. p. 79-102.
- PETROBRAS (1996). **N-1372**: Amostragem de efluentes hídricos e corpos receptores. Rio de Janeiro.
- PETROBRAS (1999). **Programa de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas** (programa 2.1.7). São Mateus. Programa interno do Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) da Petrobras/E&P-ES. Programa em andamento.
- PETROBRAS (2000). **Comunicação técnica DIQUIM 131/00**: avaliação de parâmetros químicos - ecossistema do norte do Espírito Santo – E&P-ES/ASSEMA. Rio de Janeiro: CENPES, 8 f.
- PONTE, F. C.; ASMUS, H. E. (1978). Geological framework of the Brazilian continental margin. **Geol. Rundschau**, v. 67, n. 1, p. 201-235.
- RANGEL, H. D.; BIASSUSI, A. S.; LIMA, F. R. T. (1990). **Carta estratigráfica da Bacia do Espírito Santo**. São Mateus: Petrobras. Relatório interno.
- REGALI, M. S. P. (1992). **Estudo bioestratigráfico regional dos sedimentos pré-Alagoas na Bacia do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: Petrobras. Relatório interno.
- REGO, C. (2001). IDAF apreende uma tonelada de agrotóxico. **A GAZETA**, Vitória, 31 mar. 2001.
- ROMIJN, E. (1986). Influence of irrigation and drainage. In: VRBA, J.; ROMIJN, E. (Coord.). **Impact of agricultural activities on groundwater**. Hannover: Heise. v. 5, p. 133-147.
- SECUNDINO, W. (1999). **Entrevista concedida pelo Chefe da EMCAPER, São Mateus**. São Mateus, 10 ago. 1999.
- SILVA, J. M. R. et al. (1987). **Levantamento de recursos naturais**: folha SE.24-Rio Doce. Rio de Janeiro: FIBGE, v. 34, p. 23-152,
- SINCLAIR, W.; PRESSINGER, R. W. (2000a). **Malathion medical research**. Disponível em: <<http://www.chem-tox.com/malathion/research/index.htm#impurities>> Acesso em: 30 nov. 2000.

SINCLAIR, W.; PRESSINGER, R. W. (2000b). **Malathion medical research**. Disponível em: <<http://www.chem-tox.com/malathion/research/index.htm#soil>> Acesso em: 30 nov. 2000.

SOARES, J. G. S. (1999). **Entrevista concedida a Glaucio Fernando Fontanelli**. São Mateus, 25 out. 1999.

TARDIN, N. (2001). Idaf apreende 25 kg de agrotóxico no Norte. **A GAZETA**, Vitória, 24 mar. 2001.

THIODAN CE (2000): endosulfan. Suzano: AgrEvo. Bula.

VEIGA, L. F. (1998). **Estudo da toxicidade marinha de fluidos de perfuração de poços de óleo e gás**. Dissertação (Mestrado em Biologia Marinha) - Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense.

VIANA, C. F. et al. (1971). Revisão estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. **Bol. Técn. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3/4, p. 157-192.

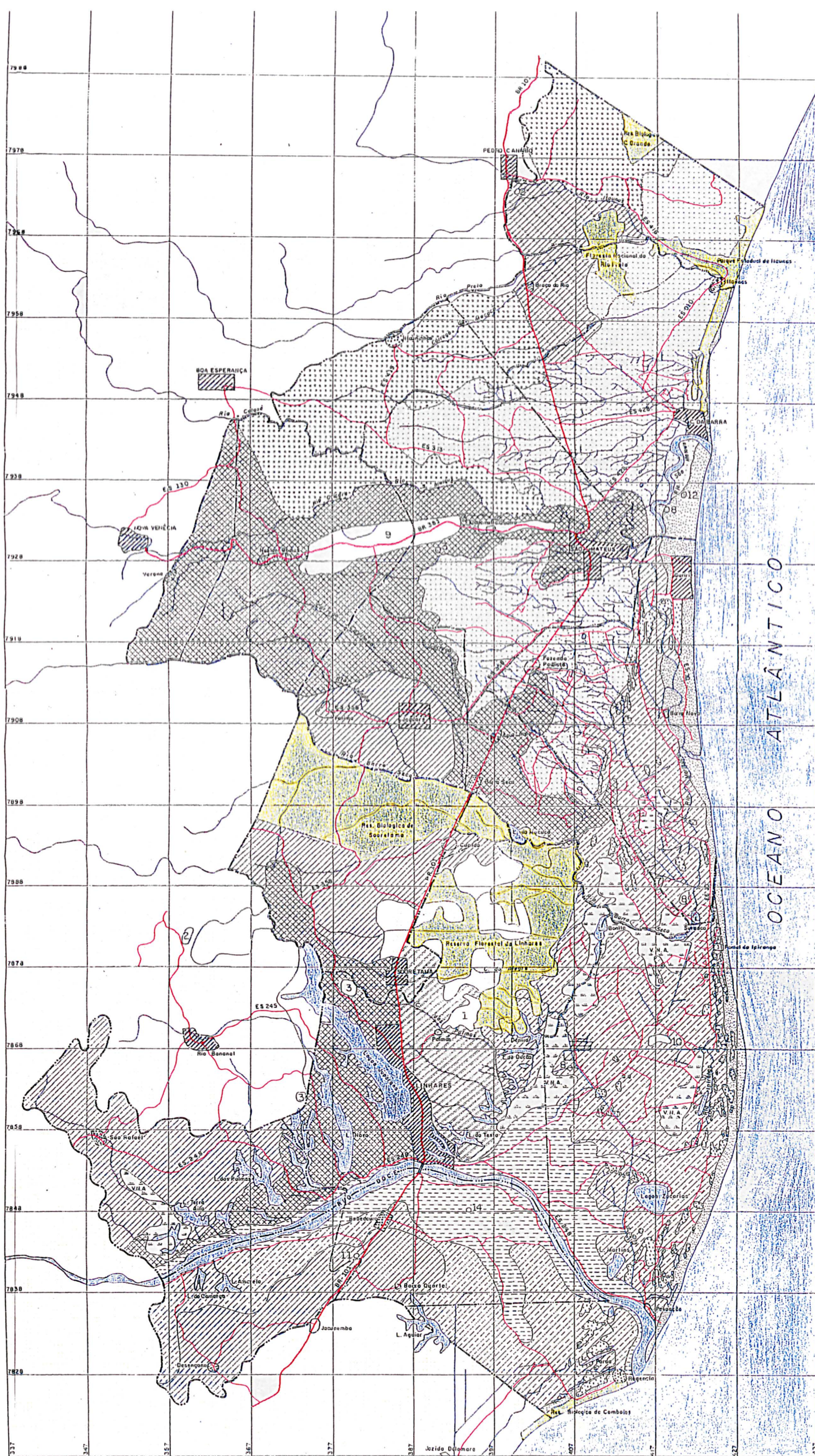
VIEIRA, R. A. B. et al. (1994). Bacias do Espírito Santo e Mucuri. **Bol. Geoc. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 191-202, jan./mar.

VRBA, J. (1986). Groundwater quality monitoring under different agricultural conditions. In: VRBA, J.; ROMIJN, E (Coord.). **Impact of agricultural activities on groundwater**. Hannover: Heise. v. 5, p. 173-196.

ZAMPROGNO, C.; PEREIRA, O. J.; GOMES, J. M. L. (1997). Diagnóstico ambiental do meio biótico. In: MENDONÇA, A. S. F. (Coord.). **Estudo de impacto ambiental das atividades da Petrobras no norte do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida. v. III.

ZANGRANDE, M. B.; REZENDE, S. B.; RESENDE, M. (1987). **Caracterização e considerações sobre o manejo de um podzólico vermelho amarelo abrupto dos platôs litorâneos do norte do Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA. 57 p.

ANEXO I – MAPA DE USO DO SOLO



LEGENDAS:

- BR Rodovias Federais
- ES Rod. Estaduais Pav.
- ES Rod. Estaduais Sem Pav.
- Rod. Municipais
- Limites Municipais
- Limites Distritais
- Perímetros Urbanos
- Cidade
- Vila
- Povoado
- Hidrografia
- Veg. de Restinga

COMPLEXOS:

- Pecuária
- Pecuária, mandioca
- Pecuária, cana, eucalipto
- Café
- Café, pecuária
- Cana, pecuária
- Subsistência
- Eucalipto
- Eucalipto, pecuária
- Cacau

BOLSÕES:

- 1 Eucalipto
- 2 Cana
- 3 Heveicultura
- 4 Heveicultura, cana
- 5 Mamão
- 6 Banana
- 7 Goiaba
- 8 Arroz
- 9 Pimenta
- 10 Milho, arroz, feijão
- 11 Suínos
- 12 Pesca
- 13 Mamão, abacaxi
- 14 Leite

FONTES:

- Restinga Interpretada de Imagens de Satélite (Ricardo Augusto P. Rezende).
- Hidrografia e Sistema Viário: Digitalizado por Mônica Augusta R. Rezende.
- Complexos e Bolsões: PDOT / 1/250.000.
- Áreas Naturais Protegidas: SIAM/PE.
- Limites e Perímetros Urbanos: FICGE.
- Desenho: Ivomar Calente Paetz.

F. C. A. A.

EIA/RIMA PETROBRAS

MAPA DE USO DO SOLO

ESCALA: 1:250.000